

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y cálculo de un troquel para la fabricación de un abrebotellas



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Miguel Abárzuza Martínez

Tutor: Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, a 9 de junio de 2020





## **INDICE GENERAL**

**DOCUMENTO N°1: MEMORIA**

**DOCUMENTO N°2: PLANOS**

**DOCUMENTO N°3: ANEXOS**

## **RESUMEN**

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado es el diseño de un troquel progresivo que permita la fabricación de 25.000 abrebotellas manuales.

Para ello, se han realizado las siguientes tareas:

- Estudio de la disposición óptima de las piezas en la chapa y cálculo de las fuerzas implicadas en el proceso de corte.
- Selección de la forma de alimentación del troquel.
- Diseño de los distintos elementos que componen el troquel mediante el programa de *CAD Solidworks* con sus correspondientes planos y selección de los elementos comerciales.
- Selección de la prensa necesaria para llevar a cabo la operación.
- Cálculo de la vida a fatiga de los punzones y estudio del proceso de corte mediante el programa de *elementos finitos Marc Mentat*.

Finalmente, el propósito del proyecto es conseguir un diseño capaz de llevar a cabo la fabricación, asegurar el correcto funcionamiento del troquel y que sus distintos componentes sean eficaces desde el punto de vista resistente y económico.

## **PALABRAS CLAVE**

Troquel progresivo, punzones, prensa, deformación plástica, corte por punzonado

## ABSTRACT

The aim of this dissertation is to design a progressive die in order to produce 25000 manual bottle openers.

To that end, it is carried out the following tasks:

- Optimal layout study for the parts distributed in the sheet and calculation of the involved forces in the cutting process.
- Supply way selection for the die.
- Design of the different parts of the die using *CAD Solidworks* program and making the different drawings and commercial items selection.
- Needed press selection for completing the process.
- Fatigue calculation for the punches and study for the cutting process using *finite-element* model program called *Marc Mentat*.

Finally, the purposes of the project are obtaining a design that allows the production of the bottle openers; assure the correct operation of the die; and obtain effective parts for the die not only in a resistance way but economic.

## KEY WORDS

Progressive die, punches, press, plastic deformation, punch cutting



E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y cálculo de un troquel para la fabricación de un abrebotellas

## DOCUMENTO N°1: MEMORIA



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Miguel Abárzuza Martínez

Tutor: Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, a 9 de junio de 2020





## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. AUTOR DEL PROYECTO .....	1
1.2. OBJETO DEL PROYECTO .....	1
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO .....	1
<b>2. REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>2</b>
2.1. PRODUCCIÓN .....	2
2.2. MATERIAL .....	2
2.3. DIMENSIONES .....	3
<b>3. EL TROQUELADO O ESTAMPADO .....</b>	<b>4</b>
3.1. OPERACIONES MÁS FRECUENTES .....	5
3.2. PRENSAS.....	11
<b>4. EL CORTE POR PUNZONADO .....</b>	<b>21</b>
4.1. FUNDAMENTOS DEL CORTE .....	21
4.2. TIPOS DE TROQUELES .....	23
4.3. FORMAS DE ALIMENTACIÓN DE MATERIAL.....	28
<b>5. DISEÑO PRELIMINAR.....</b>	<b>35</b>
5.1. DISPOSICIONES DE LAS FIGURAS A CORTAR.....	35
5.2. FUERZAS IMPLICADAS EN EL PROCESO DE CORTE .....	52
<b>6. DISEÑO DE LAS PARTES PRINCIPALES DEL TROQUEL .....</b>	<b>56</b>
6.1. PUNZONES .....	58
6.2. PLACA MATRIZ .....	65
6.3. PORTAMATRICES .....	68
6.4. CASQUILLOS GUÍA .....	71
6.5. COLUMNAS GUÍA .....	72
6.6. MANGO O VÁSTAGO PORTAPUNZONES.....	73
6.7. PLACA PORTAPUNZONES .....	78
6.8. PLACA GUÍA DE LOS PUNZONES .....	80

6.9.	PLACAS SUFRIDERAS.....	81
6.10.	SISTEMA DE GUIADO .....	84
6.11.	MUELLES.....	88
6.12.	TROQUEL RESULTANTE.....	90
<b>7.</b>	<b>UNIONES DE LOS COMPONENTES.....</b>	<b>92</b>
7.1.	PORTAMATRICES .....	92
7.2.	PARTE SUPERIOR DEL TROQUEL .....	93
7.3.	PARTE INFERIOR DEL TROQUEL .....	95
7.4.	RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DE UNIÓN .....	96
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS MEDIANTE FEM .....</b>	<b>99</b>
8.1.	TENSIONES QUE SUFREN LOS PUNZONES .....	99
8.2.	CORTE DE LA PIEZA.....	124
8.3.	CORTE DE LA PIEZA CON PUNZÓN MALLADO.....	144
<b>9.</b>	<b>PRENSA SELECCIONADA .....</b>	<b>149</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>151</b>
<b>11.</b>	<b>NORMATIVA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>152</b>
11.1.	NORMATIVA.....	152
11.2.	REFERENCIAS .....	152

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen 3D del abrebotellas a fabricar. Fuente: Elaboración propia.....	2
Figura 2. Medidas abrebotellas. Fuente: Elaboración propia .....	3
Figura 3. Mecánica del corte. Fuente: [1].....	5
Figura 4. Punzón característico de la cizalla. Fuente: [1].....	5
Figura 5. Pieza y recorte en punzonado. Fuente: [1] .....	6
Figura 6. Pieza y recorte en perforado. Fuente: [1] .....	6
Figura 7. Mecánica del doblado. Fuente: [1].....	8
Figura 8. Mecánica del embutido. Fuente: [1].....	8
Figura 9. Reembutido. Fuente: [1] .....	9
Figura 10. Embutido sin sujeción. Fuente: [1] .....	10
Figura 11. Clasificación de las prensas. Fuente: Elaboración propia.....	12
Figura 12. Prensa de husillo manual. Fuente: [1] .....	13
Figura 13. Prensa de husillo con discos de fricción. Fuente: [1].....	14
Figura 14. Prensa mecánica excéntrica. Fuente: [1].....	15
Figura 15. Prensa excéntrica con volante central. Fuente: [1].....	16
Figura 16. Prensa excéntrica con volante lateral. Fuente: [2] .....	16
Figura 17. Prensa excéntrica con dos montantes. Fuente [1] .....	17
Figura 18. Prensa excéntrica inclinable. Fuente: [1] .....	17
Figura 19. Prensa hidráulica. Fuente: [1] .....	18
Figura 20. Prensa de doble efecto. Fuente: [1] .....	20
Figura 21. Secuencia de trabajo prensa doble efecto. Fuente: [1].....	20
Figura 22. Corte por punzonado. Fuente: [3] .....	21
Figura 23. Bordes característicos del material cortado. Fuente: [4].....	22
Figura 24. Tipos de troqueles. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 25. Troquel simple- Fuente: [4] .....	25
Figura 26. Troquel coaxial. Fuente: [1].....	26
Figura 27. Funcionamiento del troquel coaxial. Fuente: [1] .....	26
Figura 28. a) Troquel progresivo b) Desarrollo asociado de la tira. Fuente: [4].....	27
Figura 29. Método cuchillas paso de banda. Fuente: [2].....	28

Figura 30. Método punzón de entalla lateral. Fuente: [2] .....	29
Figura 31. Método de tope frontal. Fuente: [2] .....	29
Figura 32. Alimentador montado en prensa. Fuente: [5].....	30
Figura 33. Alimentación automática. Fuente: [6].....	31
Figura 34. Alimentador neumático seleccionado. Fuente: [7] .....	33
Figura 35. Secuencia de alimentación. Fuente: [7] .....	34
Figura 36. Accionamiento mecánico de alimentador. Fuente: [7] .....	34
Figura 37. Disposición normal. Fuente: [2].....	35
Figura 38. Disposición oblicua. Fuente: [2] .....	35
Figura 39. Disposición invertida de la pieza a cortar. Fuente: [2].....	36
Figura 40. Disposición múltiple de la pieza a cortar. Fuente: [2] .....	36
Figura 41. Área y perímetro del abrebotellas sin agujeros interiores. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 42. Disposición normal en la chapa. Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 43. Disposición invertida (A) en la chapa. Fuente: Elaboración propia .....	41
Figura 44. Disposición invertida (B) en la chapa. Fuente: Elaboración propia.....	43
Figura 45. Disposición oblicua en la chapa. Fuente: Elaboración propia .....	45
Figura 46. Disposición oblicua invertida en la chapa- Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 47. Fuerza de corte. Fuente: [2] .....	53
Figura 48. Área y perímetro del punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia .....	53
Figura 49. Área y perímetro del punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia .....	54
Figura 50. Fuerza de extracción. Fuente: [2].....	54
Figura 51. Fuerza de expulsión. Fuente: [2].....	55
Figura 52. Componentes principales de un troquel. Fuente: [10] .....	56
Figura 53. Agujeros creados en la chapa en cada golpe de prensa. Fuente: Elaboración propia.....	57
Figura 54. Juego entre el punzón y la matriz. Fuente: Fuente: [2].....	60
Figura 55. Punzón interior 1. Fuente elaboración propia .....	62
Figura 56. Punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia .....	63
Figura 57. Punzón exterior. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 58. Placa matriz. Fuente: Elaboración propia .....	65
Figura 59. Dimensiones exteriores de la placa matriz. Fuente: [2] .....	66

Figura 60. Vida y ángulo de salida de la placa matriz. Fuente: [2] .....	67
Figura 61. Portamatrices seleccionado. Fuente: [11] .....	68
Figura 62. Placa superior. Fuente: Elaboración propia .....	70
Figura 63. Placa inferior. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 64. Casquillo guía seleccionado. Fuente: [12] .....	71
Figura 65. Columna guía seleccionada. Fuente: [12] .....	72
Figura 66. Sujeción del vástago a la prensa. Fuente: [1].....	73
Figura 67. Vástago seleccionado. Fuente: [13] .....	74
Figura 68. Situación de los centros de gravedad de las líneas que conforman los punzones. Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura 69. Situación del centro de gravedad donde debe ir colocado el vástago. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 70. Cara superior de la placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia .....	79
Figura 71. Cara inferior de la placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia .....	79
Figura 72. Placa guía de punzones. Fuente: Elaboración propia.....	80
Figura 73. Placa sufridera superior. Fuente: Elaboración propia .....	82
Figura 74. Placa sufridera inferior. Fuente: Elaboración propia .....	83
Figura 75. Formas de guiar la chapa. Fuente: [2] .....	84
Figura 76. Pletinas laterales. Fuente: Elaboración propia .....	87
Figura 77. Tornapuntas. Fuente: Elaboración propia .....	87
Figura 78. Muelle seleccionado. Fuente: [14] .....	89
Figura 79. Vista isométrica del troquel. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 80. Vista frontal del troquel. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 81. Vista lateral del troquel. Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 82. Vista en planta del troquel. Fuente: Elaboración propia .....	91
Figura 83. Uniones del portamatrices. Fuente: Elaboración propia .....	92
Figura 84. Unión placa base superior-sufridera superior-placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia.....	93
Figura 85. Unión placa base superior-placa guía de punzones. Fuente: Elaboración propia .....	94
Figura 86. Uniones de los componentes del conjunto inferior del troquel. Fuente: Elaboración propia.....	95

Figura 87. Tornillos DIN EN ISO 4762 y DIN 6912. Fuente: [13] .....	97
Figura 88. Tornillo ISO 10642. Fuente: [13] .....	97
Figura 89. Pasador cilíndrico DIN EN ISO 8734. Fuente: [15] .....	98
Figura 90. Tornillo ISO 10642. Fuente: [16] .....	98
Figura 91. Tope guía. Fuente: [17] .....	98
Figura 92. Punzón interior 1 importado a Marc Mentat .....	99
Figura 93. Mallado realizado en simulación punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia .....	100
Figura 94. Propiedades de material a introducir. Fuente: Elaboración propia .....	101
Figura 95. Sujeciones punzón interior1. Fuente: Elaboración propia .....	102
Figura 96. Fuerza aplicada al punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia.....	103
Figura 97. Creación del “Loadcase” en simulación punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 98. Tensiones Von Mises punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia .....	105
Figura 99. Tensiones Von Mises punzón interior 1 con redondeo 2mm. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 100. Punzón interior 2 importado a Marc Mentat. Fuente: Elaboración propia	108
Figura 101. Mallado realizado en simulación punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia .....	109
Figura 102. Restricción del desplazamiento axial en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 103. Restricción del desplazamiento radial en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 104. Aplicación de la fuerza en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia	111
Figura 105. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con semillas 0,5mm. Fuente: Elaboración propia.....	111
Figura 106. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con semillas 0,25mm. Fuente: Elaboración propia.....	112
Figura 107. Aplicación de la fuerza mediante links. Fuente: Elaboración propia.....	113
Figura 108. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con uso de links. Fuente: Elaboración propia.....	113



Figura 109. Tensiones obtenidas en las tres simulaciones del punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia.....	114
Figura 110. Curva S-N para carga axial. Fuente: [18].....	121
Figura 111. Tensiones Von Mises en punzón interior 1 Ø 9mm y semillas de 0,5 mm. Fuente: Elaboración propia.....	123
Figura 112. Tensiones Von Mises en punzón interior 1 Ø 9mm y semillas de 0,25 mm. Fuente: Elaboración propia.....	123
Figura 113. Curva endurecimiento por deformación plástica del acero AISI 304. Fuente: Elaboración propia.....	125
Figura 114. Croquis 2D del corte de la pieza. Fuente: Elaboración propia.....	126
Figura 115. Creación de la tabla tipo "time". Fuente: Elaboración propia .....	127
Figura 116. Creación de la tabla tipo "equivalent plastic strain". Fuente: Elaboración propia.....	127
Figura 117. Propiedades de material para simulación de corte. Fuente: Elaboración propia.....	128
Figura 118. Cuerpos de contacto en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia	129
Figura 119. Tabla de contactos simulación corte. Fuente: Elaboración propia.....	130
Figura 120. Remallado local "Advancing Front Quad". Fuente: Elaboración propia..	130
Figura 121. Restricción de movimiento en eje Y en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia.....	131
Figura 122. Caso de carga en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia.....	132
Figura 123. Esquema típico carga-desplazamiento en punzón de corte. Fuente:[20] ..	133
Figura 124. Carga-desplazamiento del punzón con datos obtenidos de la simulación. Fuente: Elaboración propia.....	134
Figura 125. Efectos del juego en el punzonado. Fuente: [1] .....	137
Figura 126. Formación de las líneas de fractura. Fuente: Elaboración propia .....	137
Figura 127. Bordos de la pieza cortada. Fuente: Elaboración propia .....	137
Figura 128. Deformación plástica de la chapa a los 0,225 seg. Fuente: Elaboración propia.....	138
Figura 129. Deformación plástica de la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia .....	138

Figura 130. Deformación plástica de la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia.....	139
Figura 131. Deformación plástica de la chapa a los 0,5625 seg. Fuente: Elaboración propia.....	139
Figura 132. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,2562 seg. Fuente: Elaboración propia.....	140
Figura 133. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia .....	140
Figura 134. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia.....	141
Figura 135. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,575 seg. Fuente: Elaboración propia.....	141
Figura 136. Daño en la chapa a los 0,2188 seg. Fuente: Elaboración propia.....	142
Figura 137. Daño en la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia.....	142
Figura 138. Daño en la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 139. Daño en la chapa a los 0,5625 seg. Fuente: Elaboración propia.....	143
Figura 140. Cuerpos de contacto simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia.....	144
Figura 141. Tabla de contactos simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia.....	145
Figura 142. Condiciones de contorno simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia.....	145
Figura 143. Tensiones de Von Mises al inicio del contacto chapa-punzón. Fuente: Elaboración propia.....	146
Figura 144. Tensión máxima de Von Mises en el punzón. Fuente: Elaboración propia .....	146
Figura 145. Disminución de la tensión de Von Mises en el punzón. Fuente: Elaboración propia.....	147
Figura 146. Pandeo de la chapa al cortarse. Fuente: Elaboración propia.....	147
Figura 147. Prensa seleccionada. Fuente: [21] .....	150

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas del acero inoxidable AISI 304. Fuente: Elaboración propia	3
Tabla 2. Composición química del acero inoxidable AISI 304. Fuente: Elaboración propia .....	3
Tabla 3. Especificaciones alimentador seleccionado. Fuente: Elaboración propia .....	33
Tabla 4. Dimensiones comerciales de chapas para el estampado en frío. Fuente: [8] ...	37
Tabla 5. Parámetros más importantes de cada disposición. Fuente: Elaboración propia. ....	49
Tabla 6. Resistencia a la cizalladura de los materiales laminados más corrientes. Fuente: [2] .....	52
Tabla 7. Fuerzas implicadas en el proceso de corte. Fuente: Elaboración propia .....	56
Tabla 8. Tolerancias en función de la resistencia al corte. Fuente: Fuente: [2] .....	61
Tabla 9. Dimensiones del vástago. Fuente: [2] .....	74
Tabla 10. Parámetros importantes de los muelles seleccionados. Fuente: Elaboración propia .....	89
Tabla 11. Elementos de unión empleados. Fuente: Elaboración propia .....	96
Tabla 12. Propiedades del acero F-5229. Fuente: Elaboración propia .....	101
Tabla 13. Coeficientes de acabado superficial. Fuente: [18] .....	117
Tabla 14. Factor modificativo $t^a$ . Fuente: [18] .....	118
Tabla 15. Factor de confiabilidad. Fuente: [18] .....	119
Tabla 16. Factores modificativos del límite a fatiga. Fuente: Elaboración propia .....	119
Tabla 17. Ciclos que aguanta el punzón de Ø8mm. Fuente: Elaboración propia .....	121
Tabla 18. Ciclos que aguanta el punzón de Ø9mm. Fuente: Elaboración propia .....	123
Tabla 19. Coeficientes n y K de Hollomon. Fuente:[19] .....	125
Tabla 20. Ductilidad como % de elongación de varios materiales. Fuente: [3] .....	135
Tabla 21. Características de la prensa seleccionada. Fuente: Elaboración propia .....	150

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. AUTOR DEL PROYECTO

El autor del presente proyecto es el alumno **Miguel Abárzuza Martínez**, estudiante del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Pública de Navarra con DNI 44642644N.

### 1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objeto el **diseño y el cálculo de un troquel** para la fabricación de un abrebotellas.

Este diseño debe ser capaz de asegurar el **correcto funcionamiento** del troquel y sus distintos **componentes** deben ser **eficaces** desde el punto de vista **resistente** y **económico**.

### 1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

Entre las distintas tareas que van a conformar el proyecto se encuentran el **diseño de los distintos elementos** que van a componer el troquel, de tal forma que se obtenga el máximo rendimiento de la chapa, y se realizarán los **planos** correspondientes.

Además, se **seleccionarán los elementos comerciales** necesarios y la **prensa** de accionamiento del troquel, y se realizarán distintos **ensayos** en los punzones y se estudiará el proceso de corte de la chapa a partir de la cual se obtiene la pieza a fabricar

De este modo, tanto el **diseño de la prensa** necesaria para realizar el troquelado como el diseño del **sistema de alimentación** de la chapa quedan **fuera del alcance** de este proyecto.

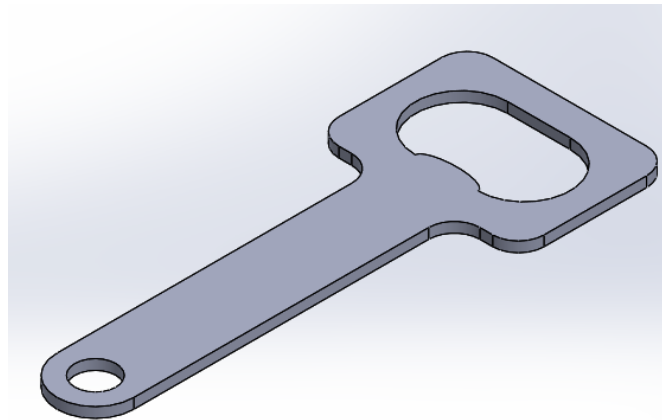
## 2. REQUISITOS DE DISEÑO

### 2.1. PRODUCCIÓN

El diseño del troquel debe ser capaz de poder fabricar una tirada de **25.000 abrebotellas**, lo que supone una producción media. Este número de piezas a fabricar será importante en apartados posteriores, ya que en función de él se decidirá el tipo de troquel a utilizar y condicionará las soluciones de diseño y fabricación a tomar.

### 2.2. MATERIAL

La pieza que se va a fabricar es un abrebotellas plano manual, el cual es usado para abrir recipientes de contenido líquido tanto en ámbitos particulares como de hostelería, por lo que el material debe tener **buena resistencia a la corrosión** además de presentar buenas **características para ser conformado en frío**.



*Figura 1. Imagen 3D del abrebotellas a fabricar. Fuente: Elaboración propia*

Por ello, el material seleccionado es el **acero inoxidable AISI 304**, cuyas propiedades físicas y composición se muestran a continuación:

	PROPIEDADES FÍSICAS
Densidad (20°C)	7,9 kg/dm <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad (20°C)	200 GPa
Coefficiente de poisson	0,29
Calor específico (20°C)	500 J/kg K

Tabla 1. Propiedades físicas del acero inoxidable AISI 304. Fuente: Elaboración propia

	COMPOSICIÓN (%)
Carbono (C)	≤ 0,07
Cromo (Cr)	17 – 19,5
Níquel (Ni)	8 - 10,5

Tabla 2. Composición química del acero inoxidable AISI 304. Fuente: Elaboración propia

### 2.3. DIMENSIONES

En cuanto a sus dimensiones iniciales, vienen perfectamente definidas s continuación:

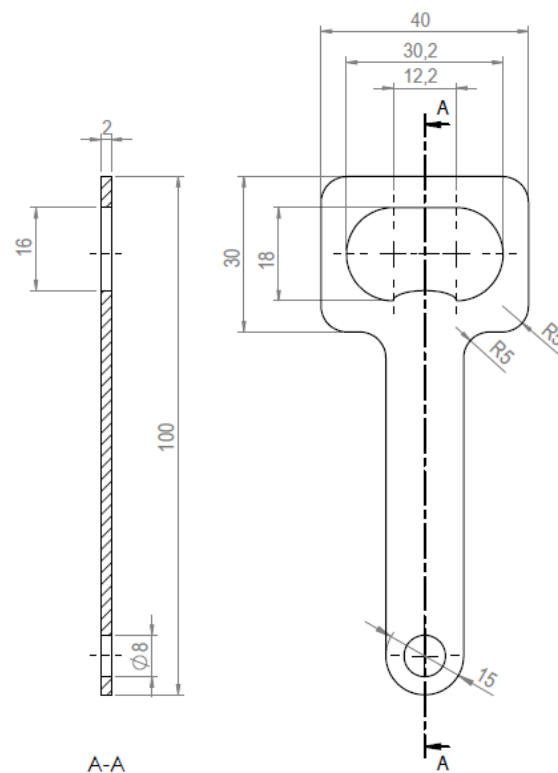


Figura 2. Medidas abrebotellas. Fuente: Elaboración propia

### 3. EL TROQUELADO O ESTAMPADO

Se denomina estampado al conjunto de operaciones sin arranque de viruta mediante las cuales se somete a una **chapa plana** a una o más transformaciones con el fin de obtener una pieza con una geometría determinada. Así pues, la **transformación de la pieza está basada en la deformación plástica**.

Para llevar a cabo estas operaciones es necesario una serie de dispositivos llamados **matrices o troqueles**, los cuales van montados en **prensas** que les comunican un movimiento rectilíneo alternativo.

Además, para poder definir la sucesión de operaciones necesarias para obtener la pieza final, es necesario definir una serie de **factores** de esta:

1. Su **forma**: cuanto más compleja sea la pieza mayor será el número de operaciones necesarias.
2. Sus **dimensiones**: influirá en mayor medida en el proceso de embutición.
3. El **material** con la que va a ser fabricada: la mayor o menor plasticidad de la chapa empleada influirá en el número de operaciones.
4. La posibilidad de **extraer fácilmente la pieza de la matriz**

### 3.1. OPERACIONES MÁS FRECUENTES

Las **operaciones** de estampado más frecuentes son el corte, doblado y embutido, las cuales se explican a continuación:

#### 3.1.1. Corte (se realiza generalmente en frío)

El corte es la operación de troquelado mediante la cual **se separa una parte metálica de otra con el uso de herramientas aptas para el corte**, consecuencia de un proceso de cizalladura.

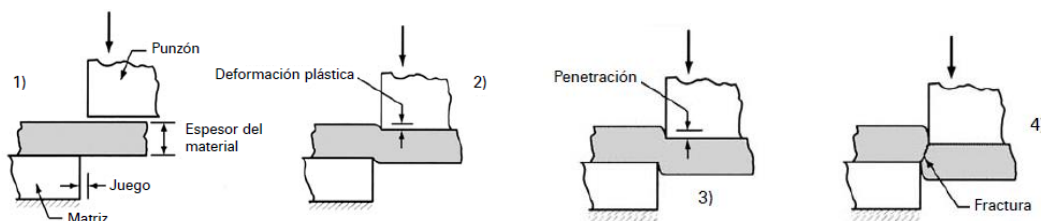


Figura 3. Mecánica del corte. Fuente: [1]

Fundamentalmente, dentro de la operación de corte se consideran **tres operaciones** mediante las cuales se corta el metal por el mecanismo de cizalladura:

#### ➤ CIZALLADO

Esta operación **corta la lámina** de metal **a lo largo de una línea recta** mediante una máquina denominada cizalla, la cual dispone de una cuchilla con forma inclinada para que el proceso de corte se realice aplicando una fuerza menor.

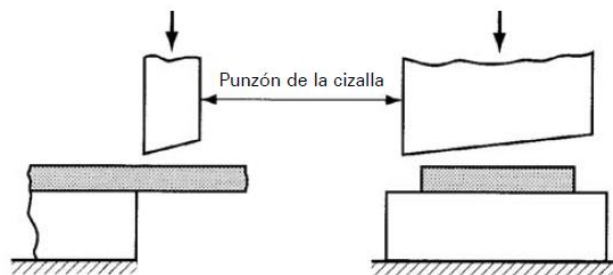


Figura 4. Punzón característico de la cizalla. Fuente: [1]



Por ello, este tipo de operación normalmente se emplea para cortar grandes láminas de metal y obtener láminas más pequeñas, a partir de las cuales posteriormente se realizarán otro tipo de operaciones.

### ➤ PUNZONADO

En esta ocasión, **el corte** de la lámina de metal **se realiza a lo largo de una línea cerrada** mediante punzones de acero templado, por lo que se obtienen dos partes diferenciadas resultantes del proceso de corte.

Por un lado, la parte de la chapa que se ha cortado con la forma de **la pieza que se desea obtener**, la cual **tiene la forma del punzón**, y, por otro lado, la tira de metal agujereada.

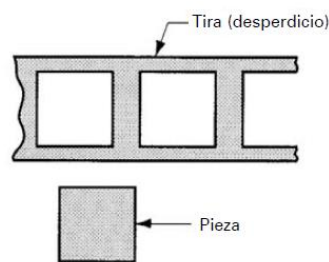


Figura 5. Pieza y recorte en punzonado. Fuente: [1]

### ➤ PERFORADO

El perforado es una operación prácticamente idéntica al punzonado, con la diferencia de que, en esta ocasión, **la pieza deseada es la tira de metal**, y la parte desechada es la parte que ha cortado el punzón.

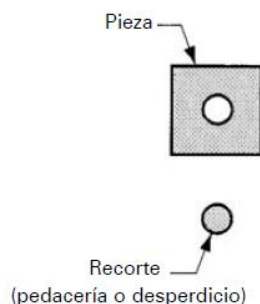


Figura 6. Pieza y recorte en perforado. Fuente: [1]

### 3.1.2. **Doblado y/o curvado** (se realiza generalmente en frío)

Es la operación más sencilla después de la del corte, y para llevarla a cabo es necesario **tener en cuenta el radio de curvatura deseado y la elasticidad del material.**

En este caso, se recomienda que el **radio de curvatura interior sea mayor o igual que el espesor de la lámina** para que la pieza no se rompa debido al excesivo estiramiento de la fibra exterior.

Los dos métodos de doblado más comunes son:

#### ➤ **DOBLADO EN V**

En este caso, la matriz y el punzón tienen forma de V, siendo el punzón el macho y la matriz la hembra, por lo que la lámina de metal se dobla entre el punzón y la matriz adquiriendo esta forma.

Debido a su sencillez en el diseño, este tipo de doblado resulta ser muy **económico**, pero debido a su poca precisión generalmente se emplea en **producciones bajas**.

#### ➤ **DOBLADO DE BORDES**

En este caso, **la lámina de metal se encuentra en voladizo**, por lo que es necesario el uso de una placa que ejerza presión sobre una parte de la lámina, mientras el punzón aplica fuerza sobre la lámina en voladizo consiguiendo doblarla contra el borde de la matriz.

Debido al mecanismo explicado, los **ángulos de doblado suelen ser de 90° o menores**. Sin embargo, existe la posibilidad de obtener ángulos superiores a 90° mediante diseños más complicados.

Al mismo tiempo, el diseño es ligeramente más complicado que en el doblado en V, por lo que son **más caros**, pero gracias al pisado que se hace de la chapa se obtienen **doblados más precisos**, por lo que este tipo de mecanismo es generalmente usado en **producciones más elevadas**.

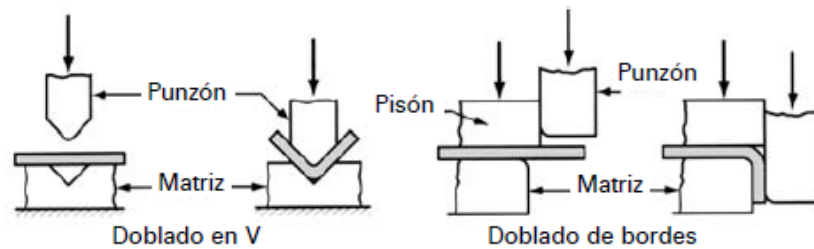


Figura 7. Mecánica del doblado. Fuente: [1]

### 3.1.3. Embutido (puede realizarse tanto en frío como en caliente)

Por último, la operación de embutido consiste en **transformar una lámina de metal en un cuerpo hueco** tridimensional, lo cual puede realizarse en una o más pasadas.

En este caso, el troquel se debe lubricar para dar mayor fluidez al material y proteger sus componentes contra el rozamiento.

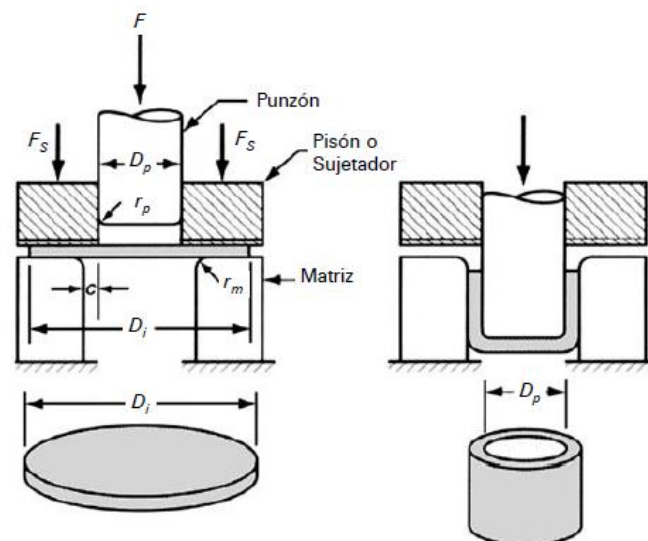


Figura 8. Mecánica del embutido. Fuente: [1]

Las variantes de embutido más frecuentes son las siguientes:

### ➤ REEMBUTIDO

En algunas ocasiones, debido a la complejidad de la pieza a fabricar, es necesario **realizar el embutido en más de un paso**, donde en cada uno de ellos se realiza una embutición parcial.

En este caso, en cada embutición se deberá **reducir la pieza de forma gradual**, comenzando con una reducción máxima de entre el 45 y el 50% de la pieza inicial.

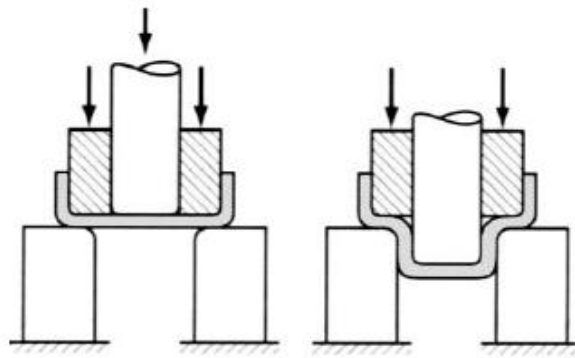


Figura 9. Reembutido. Fuente: [1]

### ➤ EMBUTIDO DE FORMAS NO CILÍNDRICAS

Mediante la embutición, se pueden conseguir piezas de **diversas formas**, como pueden ser piezas cuadradas, cónicas, escalonadas o formas curvas irregulares.

Sin embargo, debido a la gran variedad de posibilidades que ofrece la embutición, **cada caso concreto será un problema técnico único**, lo que implica un estudio individualizado de cada caso.

### ➤ EMBUTIDO SIN SUJECCIÓN

Generalmente, en la embutición se emplea un elemento que sujete el material a embutir para que no se arrugue mientras se realiza la embutición.

Sin embargo, si la relación entre el espesor del material y el diámetro inicial de la chapa es lo suficientemente grande, se puede realizar la embutición sin la necesidad de sujetar el material. Para ello, **la diferencia de diámetros entre el material de partida y el diámetro del punzón debe ser menor a cinco veces el espesor del material**, es decir:

$$D_i - D_p < 5 \cdot e$$

De este modo, cuando es posible realizar la embutición sin la necesidad de emplear un sujetador, **se consigue una reducción de los costes** del proceso debido a que se necesitan menos componentes y no es necesario controlar de forma independiente el movimiento del punzón y del sujetador, por lo que la operación es más sencilla.

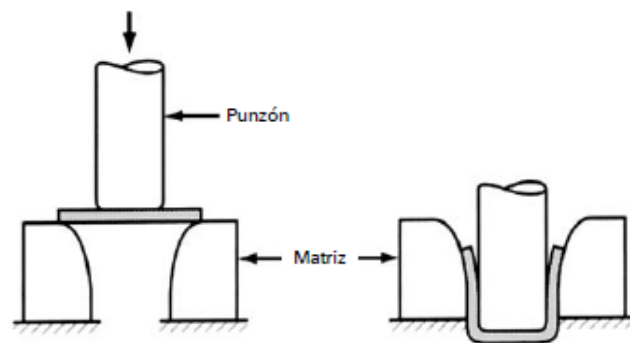


Figura 10. Embutido sin sujeción. Fuente: [1]

## 3.2. PRENSAS

### 3.2.1. Características de las prensas

Es importante conocer ciertas características de una prensa con el fin de poder seleccionar la que mejor se adapte a una situación concreta.

Por ello, para definir una prensa, deben precisarse las características siguientes:

- **Tipo o modelo:** excéntrica, hidráulica, ...
- **Esfuerzo máximo** aplicable (capacidad) expresado en kilonewtons (kN) o toneladas fuerza (tf)
- **Peso** (kg)
- **Carrera** o carreras en milímetros (mm)
- **Velocidad de acercamiento** del cabezal (mm/s)
- **Velocidad de retiro** del cabezal (mm/s)
- **Distancia** entre la mesa y el cabezal (mm)
- **Dimensiones** tanto de la mesa como del cabezal (mm)
- **Potencia del motor** (kW, CV o HP)
- **Medidas exteriores** máximas para conocer el espacio necesario.
- **Sistemas de seguridad** de la prensa adecuado a la normativa vigente.

### 3.2.2. Clasificación de las prensas

Como se ha comentado al inicio del proyecto, las prensas poseen un papel muy importante en el proceso de troquelado, ya que, con la **aplicación de presión** gracias a la energía acumulada con anterioridad, bien mecánicamente o por medio de algún fluido **se consiguen cortar, doblar o embutir** las piezas sin necesidad de eliminar material.

Por ello, existen distintos tipos de prensas que se pueden clasificar de la siguiente forma:

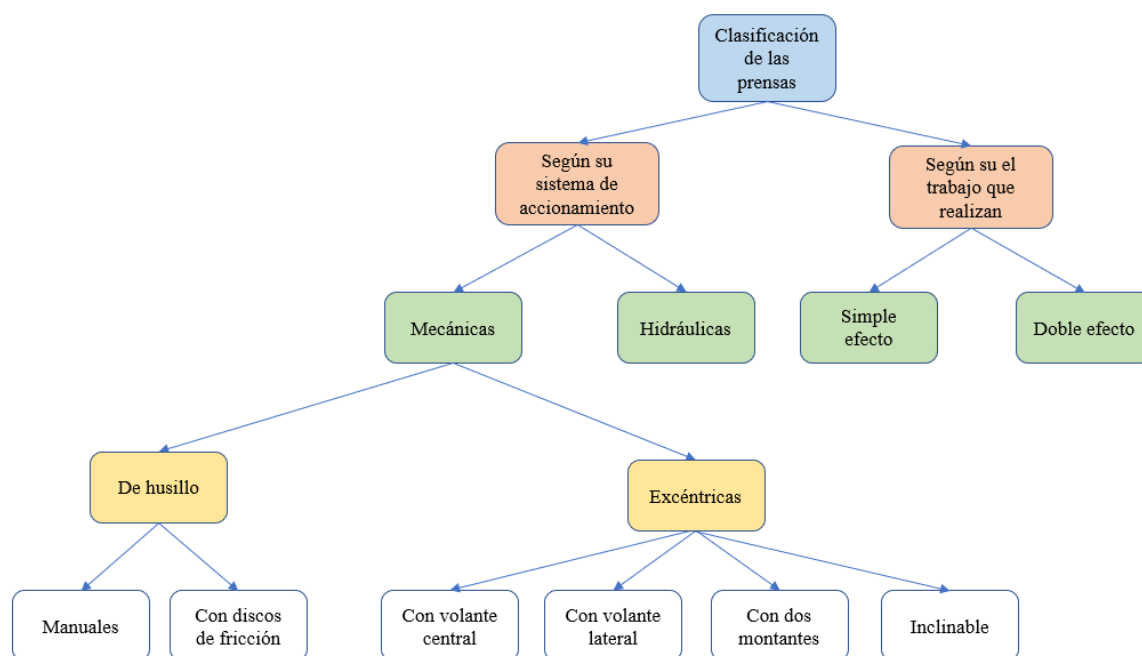


Figura 11. Clasificación de las prensas. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe brevemente las peculiaridades de cada tipo de prensa.

## 1. POR SU SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

### PRENSAS MECÁNICAS

Este tipo de prensas acumulan energía mecánica (cinética) mediante un volante de inercia accionado por un motor eléctrico que lo hace girar y la transmiten a un troquel mediante un **sistema mecánico**, generando un movimiento rectilíneo alternativo del cabezal.

Dentro de las prensas mecánicas, la más utilizada en matricería para piezas de pequeño y mediano tamaño es **la prensa de excéntrica**, en todas sus variantes debido a su versatilidad y su sencillez.

#### ➤ DE HUSILLO

##### ✓ Manual

Este tipo de prensas son empleadas en ensayos de troqueles en construcción debido a su **bajo rendimiento**.

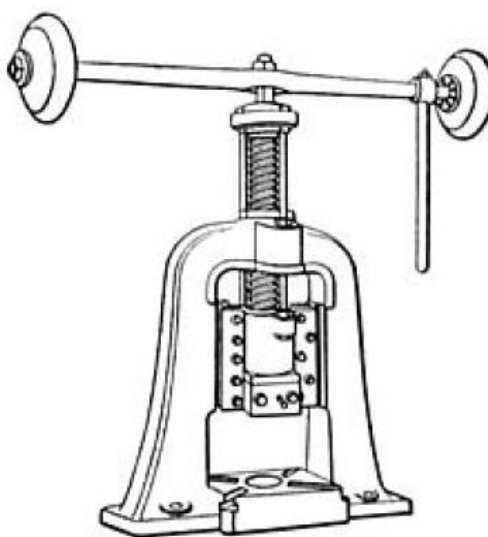


Figura 12. Prensa de husillo manual. Fuente: [1]

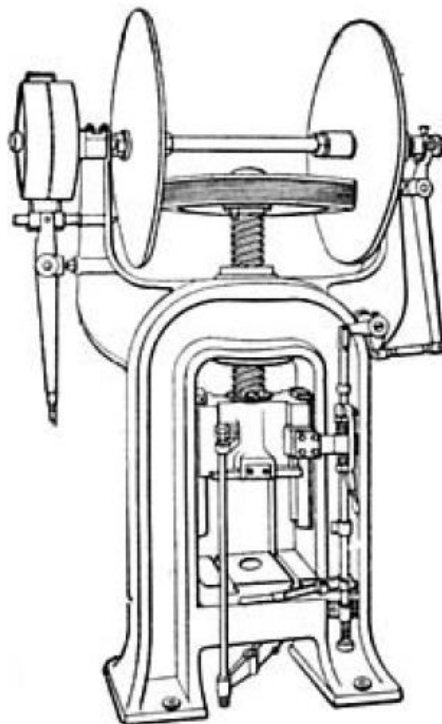


✓ Con discos de fricción (a motor)

En este tipo de prensas **el husillo va unido a un volante** dotado de una llanta cubierta de cuero o caucho. Además, **dos discos** movidos de forma alternativa por un motor **accionan mediante presión el volante que produce el movimiento.**

Al accionar la prensa, uno de estos discos hace presión sobre el volante comunicándole el movimiento de bajada para la realización del troquelado, y una vez terminada la operación, éste primer disco se retira para que el otro vuelva a presionar el volante comunicándole el movimiento de subida.

La subida y la bajada son accionadas por topes regulables, pero el recorrido máximo está determinado por la resistencia del material a trabajar, por lo que este tipo de prensas son **recomendables en trabajos de acuñado y estampado en caliente**, en los que se necesita que no sea la propia máquina la que dé el límite de profundidad.



*Figura 13. Prensa de husillo con discos de fricción. Fuente: [1]*

### ➤ EXCÉNTRICA

Este tipo de prensas se adaptan a la mayoría de los trabajos de matricería, y constan de un **volante de inercia de peso proporcionado a la potencia** de la máquina, el cual acumula energía para ceder parte de ella en el momento que la pieza a cortar, doblar o embutir opone resistencia al movimiento.

Reciben este nombre debido a que **poseen una excéntrica** situada en el eje del volante de inercia que por medio de una biela **le transmite al carro un movimiento rectilíneo alternativo** para que se deslice sobre las guías.

Además, a este carro se acopla el conjunto superior del troquel, mientras que la parte inferior está fija a la mesa.

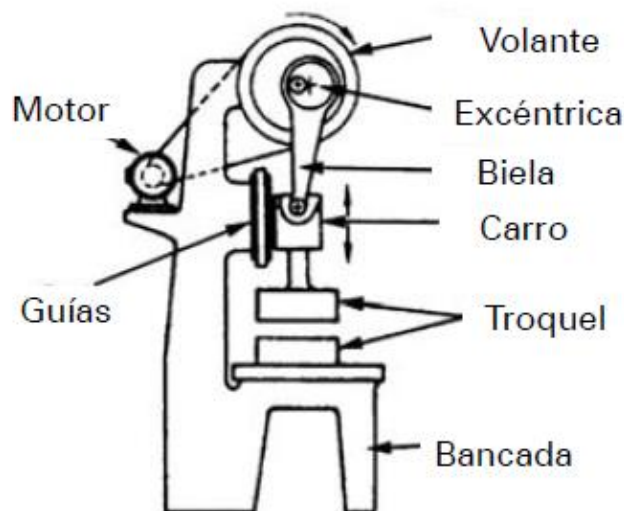
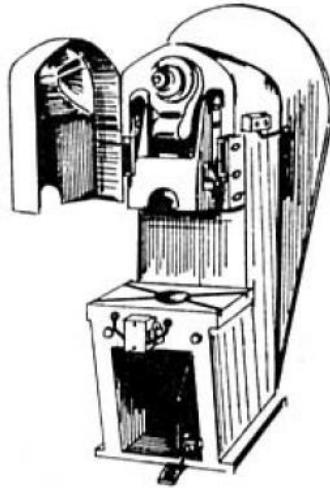


Figura 14. Prensa mecánica excéntrica. Fuente: [1]

✓ Con volante frontal

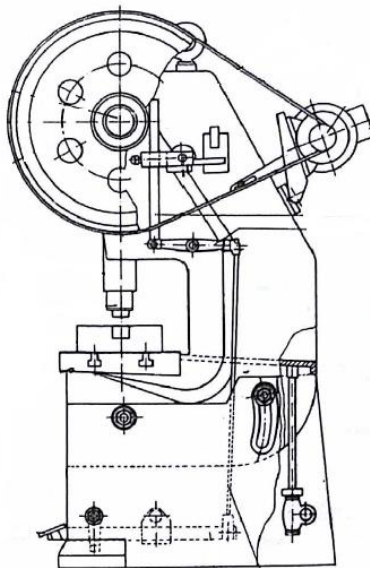
En este tipo de prensas son de **pequeña potencia** debido a que la excéntrica queda en voladizo, por lo que solo posee un punto de apoyo.



*Figura 15. Prensa excéntrica con volante central. Fuente: [1]*

✓ Con volante lateral

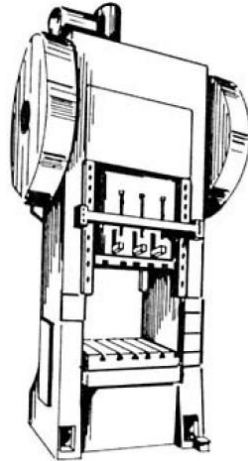
Una variedad muy común son las prensas con volante lateral, en la cual el eje principal está apoyado en dos cojinetes separados por la excéntrica.



*Figura 16. Prensa excéntrica con volante lateral. Fuente: [2]*

✓ Con dos montantes

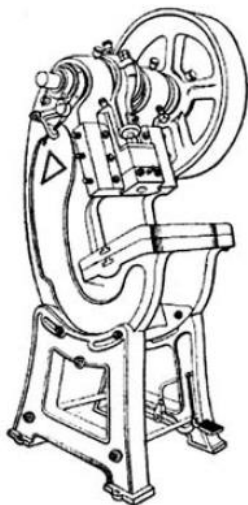
En este caso las **potencias varían de 50 a 300 toneladas** ya que son más robustas, pero tienen el inconveniente de que la mesa de trabajo solo es accesible por delante y por detrás.



*Figura 17. Prensa excéntrica con dos montantes. Fuente [1]*

✓ Inclinable

Este tipo de prensas tienen **limitaciones de potencia** debido a la posibilidad de **inclinarse entre 25 y 30 grados**. Sin embargo, tiene la ventaja de que el operador dispone de **mejor visibilidad** y las **piezas salen con mayor facilidad** ya que resbalan por su propio peso.



*Figura 18. Prensa excéntrica inclinable. Fuente: [1]*

## PRENSAS HIDRÁULICAS

Se trata de prensas **más lentas que las mecánicas** debido a que sus movimientos están dirigidos por aceite a presión. Por ello, generalmente se emplean para la fabricación de **piezas de grandes dimensiones**.

Además, este tipo de prensas disponen de una **bomba de émbolo rotativa de alimentación variable mediante**, la cual consigue que el recorrido se realice a velocidad máxima cuando la presión es mínima, y que el recorrido se realice a velocidad mínima cuando la presión es máxima.

De esta forma se consigue que el cabezal comience el movimiento de bajada de forma rápida y disminuya la velocidad cuando esté cerca de la chapa para ejercer la presión máxima que realice el estampado.

Una vez finalizada la estampación, la presión vuelve a ser mínima y el cabezal vuelve a subir a su posición de origen de forma rápida.

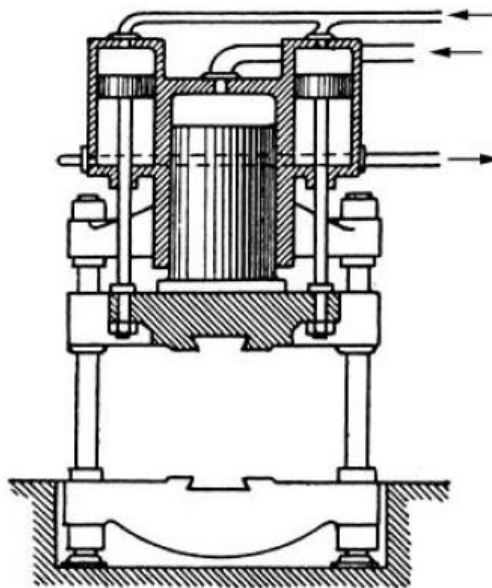


Figura 19. Prensa hidráulica. Fuente: [1]

➤ Ventajas

- ✓ La carrera y la velocidad de subida y bajada **se regula de forma sencilla**.
- ✓ La **potencia** prácticamente **no tiene límites**.
- ✓ A igualdad de potencia son **más ligeras** que las mecánicas.

➤ Inconvenientes

- ✓ Son **más lentas** que las mecánicas
- ✓ Debido a la necesidad de mayor precisión en su construcción son **más caras** que las mecánicas.

## 2. POR EL TIPO DE TRABAJO QUE REALIZAN

### SIMPLE EFECTO

Disponen de **un solo carro** o punzón que realiza el trabajo.

### DOBLE EFECTO

Este tipo de prensas se usan **generalmente para la embutición**. Constan de **dos carros**, uno interior y otro exterior. En cuanto al interior, su movimiento va retrasado un cuarto de vuelta con respecto al exterior.

Durante su funcionamiento, el **carro interior** es movido por una excéntrica y mueve el punzón de embutir, mientras que el **carro exterior** es movido por una leva y sujeta la chapa.

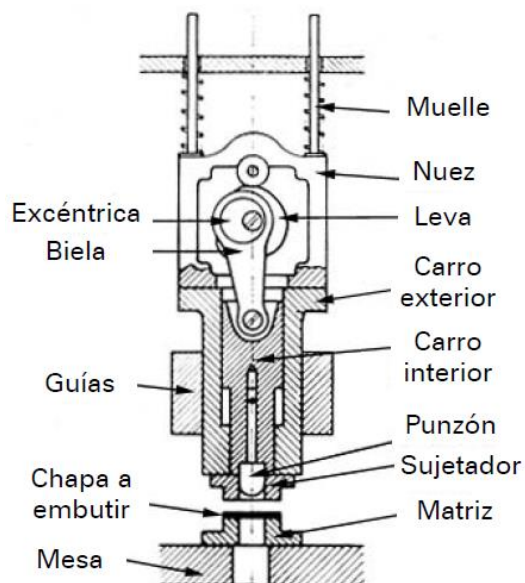


Figura 20. Prensa de doble efecto. Fuente: [1]

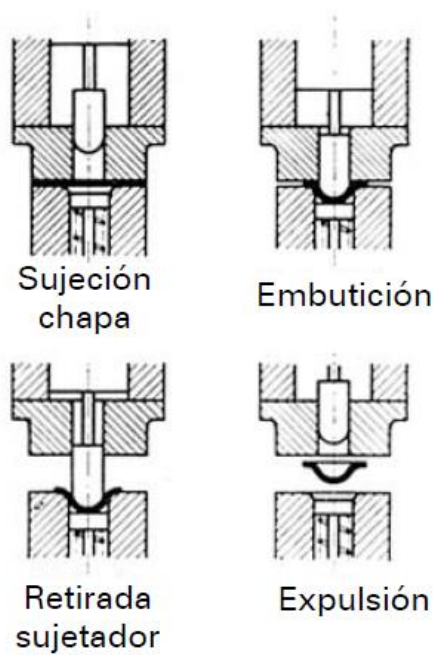


Figura 21. Secuencia de trabajo prensa doble efecto. Fuente: [1]

## 4. EL CORTE POR PUNZONADO

### 4.1. FUNDAMENTOS DEL CORTE

#### PROCESO DE CORTE

El corte por punzonado es una operación mecánica, mediante la cual, con el empleo de los útiles adecuados, **puede conseguirse una figura plana** de forma instantánea.

Durante este proceso, las fibras del material, antes de ser cortado, sufren una **deformación elástica**, ya que se estiran y se mueven hacia abajo siguiendo el movimiento del punzón.

A medida que el punzón va penetrando en el material, una porción de éste es forzado hacia el interior de la matriz, **sobrepasando el límite su elástico**, lo que produce el corte de las fibras del material.

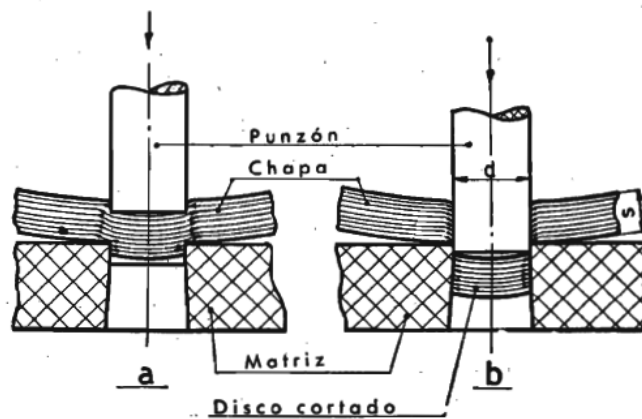


Figura 22. Corte por punzonado. Fuente: [3]

Por último, cuando la pieza ya ha sido cortada experimenta una **recuperación elástica** y queda adaptada al agujero de la matriz.



## EFECTO DEL CORTE EN EL MATERIAL

Los bordes del material una vez cortado presentan unas formas características, las cuales se explican a continuación:

En la zona próxima a la superficie inicial de corte, existe una región denominada **REDONDEADO**, la cual es fruto de la depresión realizada por el punzón **antes de comenzar la deformación plástica** del proceso de corte.

A continuación, se encuentra una región relativamente lisa llamada **BRUÑIDO**, la cual resulta de la penetración del punzón en el material **antes de empezar la fractura**.

Siguiendo la trayectoria descendente del corte, se encuentra una región tosca denominada **ZONA DE FRACTURA**, donde el movimiento **el punzón** hacia abajo **causa la fractura** del material.

Por último, en el borde inferior del material, se encuentra la región denominada **REBABA**, la cual surge en la separación de las dos piezas y consiste en un filo causado por la propia elongación del material.

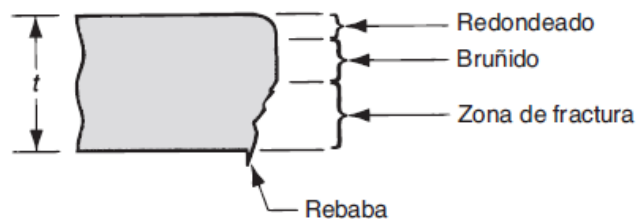


Figura 23. Bordes característicos del material cortado. Fuente: [4]

## 4.2. TIPOS DE TROQUELES

Como ya se ha comentado, el troquel se considera la **herramienta activa de la prensa** que permite ejecutar las operaciones de conformado de la chapa.

Atendiendo a una serie de criterios, la clasificación de los distintos tipos de troqueles se puede reducir a tres grupos:

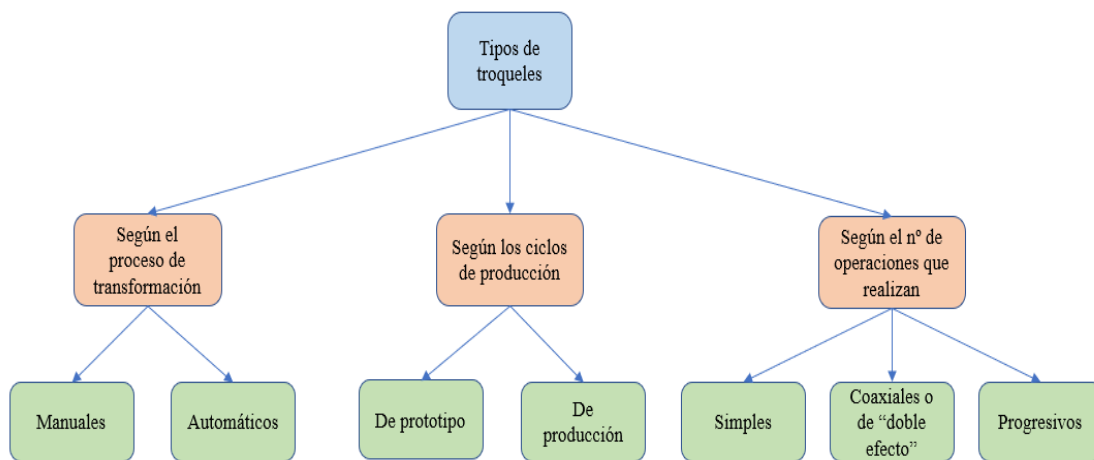


Figura 24. Tipos de troqueles. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe brevemente las peculiaridades de cada tipo de troquel.

#### 4.2.1. Según el proceso de transformación

##### ➤ MANUALES

Este tipo de troqueles son empleados para la producción de **series cortas**, piezas que precisan de **poca precisión**, o casos especiales en los que se necesita de un operario para poder llevar a cabo la conformación de la pieza.

##### ➤ AUTOMÁTICOS

En este caso, este tipo de troqueles son empleados en la **producción seriada**, ya que realizan el proceso completo, desde la alimentación de la chapa hasta la consecución final de la pieza.

#### 4.2.1. Según los ciclos de producción

Esta clasificación está basada en el **objetivo productivo** del troquel, por lo que se diferencian dos tipos de troqueles:

##### ➤ DE PROTOTIPO

Este tipo de troqueles son empleados en **prototipos funcionales**, por lo que son fabricados mediante procedimientos rápidos y con **materiales económicos**.

##### ➤ DE PRODUCCIÓN

En este caso, estos troqueles están diseñados para ser empleados en la **fabricación en serie**, donde se pretende obtener piezas finales con buen acabado, por lo que emplean **materiales de mayor calidad** y se tiene en cuenta el mantenimiento del troquel para una mayor durabilidad de este.

#### 4.2.2. Según el número de operaciones

##### 1. SIMPLES

Con este tipo de troqueles **se realiza una única operación en cada golpe de prensa**, por lo que, si la pieza requiere más de una operación, se necesitarán varios troqueles para poder terminarla por completo.

Por ello, estos troqueles son de **baja productividad** y se utilizan para fabricar **piezas sencillas**.

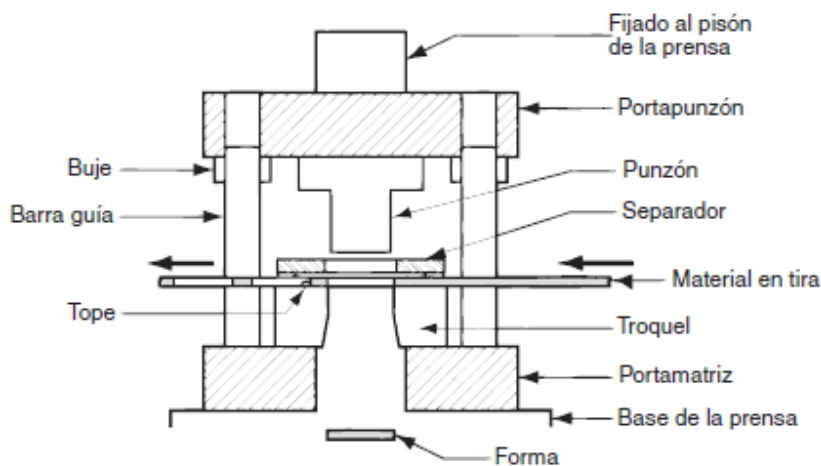


Figura 25. Troquel simple- Fuente: [4]

##### 2. COAXIALES O “DE DOBLE EFECTO”

Este tipo de troqueles trabajan con **varios punzones introducidos unos dentro de otros**, de tal forma que un punzón es a la vez matriz respecto a otros punzones, consiguiendo cortar una pieza completa en cada golpe de prensa.

Por ello, los troqueles coaxiales son adecuados para la producción de **piezas que requieren de gran concentricidad**.

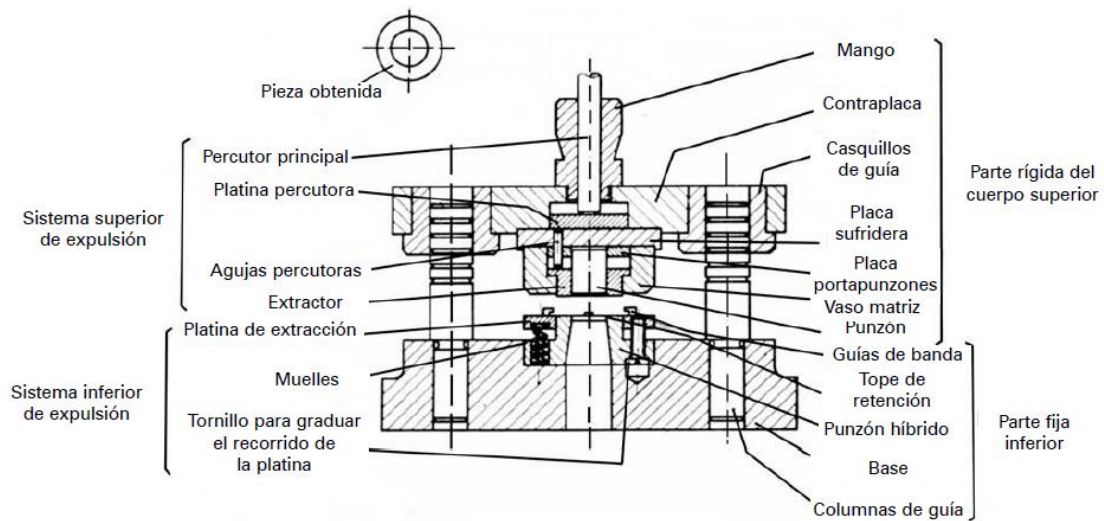


Figura 26. Troquel coaxial. Fuente: [1]

Así pues, el **funcionamiento** de este tipo de troqueles sigue los siguientes pasos:

1. En el **primer tiempo**, mientras el troquel está en reposo, la chapa se coloca apoyada en el punzón híbrido para ser cortada.
2. En el **segundo tiempo**, la parte superior del troquel baja y corta simultáneamente los agujeros interiores y el perfil exterior.
3. En el **tercer tiempo**, la parte superior del troquel vuelve a subir y la placa extractora inferior expulsa el retal que ha quedado adherido al punzón híbrido, mientras el trozo cortado por el punzón o los punzones centrales cae por el agujero o los agujeros centrales del mismo punzón híbrido.

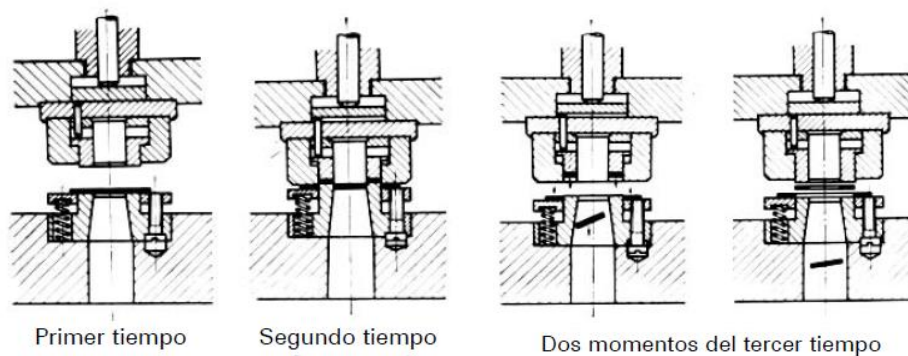


Figura 27. Funcionamiento del troquel coaxial. Fuente: [1]

### 3. PROGRESIVOS

En este tipo de troqueles **la pieza se va conformando en varios golpes de prensa**, ya que en cada golpe se realiza una o varias operaciones a la chapa **siguiendo una secuencia determinada**.

Por ello, los troqueles progresivos son empleados en la producción continua de **grandes series** de piezas.

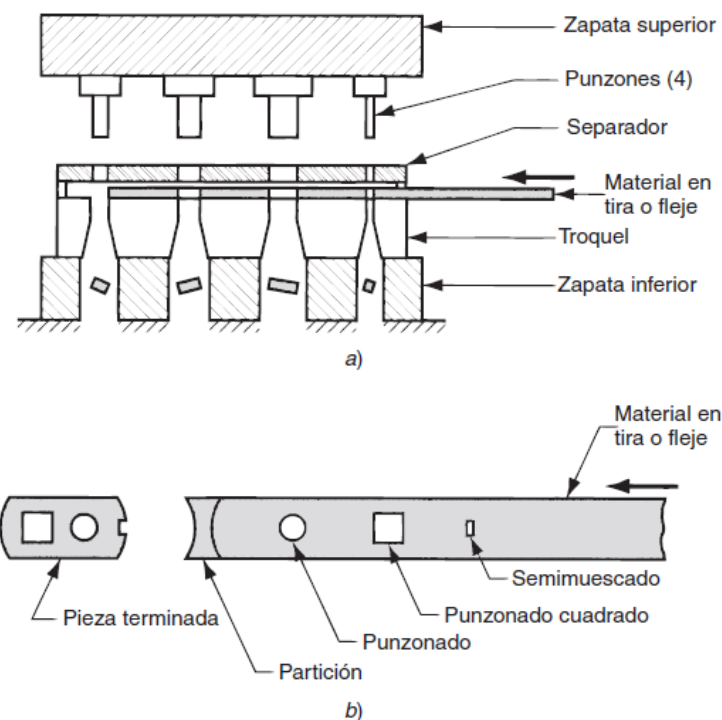


Figura 28. a) Troquel progresivo b) Desarrollo asociado de la tira. Fuente: [4]

#### 4.2.3. Tipo de troquel seleccionado

Para llevar a cabo la fabricación del abrebotellas es necesario realizar varias operaciones distintas, y además, la pieza no presenta concentricidad, por lo que el tipo de troquel seleccionado para la fabricación es el **TROQUEL PROGRESIVO**, ya que, si se escogiera troquel simple, habría que realizar una matriz para cada operación.

### 4.3. FORMAS DE ALIMENTACIÓN DE MATERIAL

#### 4.3.1. Manual

En los troqueles, la alimentación de la chapa puede realizarse de forma manual, pieza a pieza o en bandas. En estos casos, es el **operario el encargado de suministrar la chapa** al troquel, por lo que es necesario que este disponga de topes que ayuden al operario a realizar el avance del material y a disponer una buena colocación de la banda.

Es por ello por lo que este tipo de alimentación se realiza en los casos donde la **productividad es baja**, ya que el tiempo necesario para llevar a cabo el proceso depende directamente del operario.

Generalmente, se construyen **gran variedad de sistemas de topes**, pero se podría decir que los más importantes son los siguientes:

#### 1. PUNZÓN DE PASO DE BANDA

Este punzón se utiliza principalmente en la fabricación de piezas con orificios.

En este caso, el punzón de corte va provisto de un **punzón auxiliar, el cual corta una sección de material de una longitud igual al paso en el lateral de la banda** en cada golpe de prensa.

De esta forma, después de cada golpe de la prensa, el resalte de la banda de **material puede avanzar la medida del paso** hasta hacer tope con el resalte de la guía lateral.

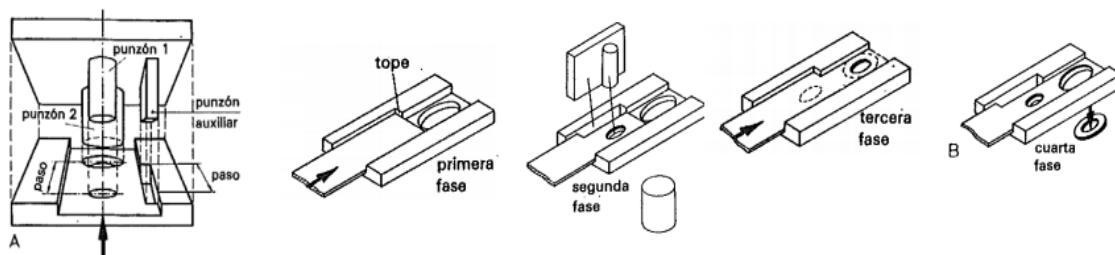


Figura 29. Método cuchillas paso de banda. Fuente: [2]

## 2. PUNZÓN DE ENTALLA LATERAL

Este método es una **variante del sistema anterior**, pero en este caso **se desperdicia muy poco material**, lo que supone una ventaja con respecto al punzón de paso de banda.

Aquí, el **paso está definido por la distancia existente entre los dos elementos del mecanismo**:

- Punzón o cuchilla: encargado de realizar una muesca en la chapa.
- Tope elástico: se encarga de situar la banda de material en su avance.

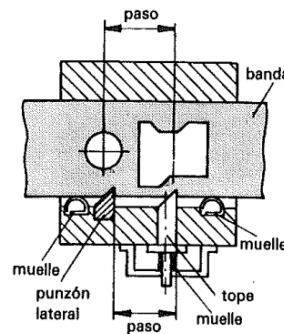


Figura 30. Método punzón de entalla lateral. Fuente: [2]

## 3. TOPE FRONTAL

En este caso, se dispone de un tope contra el cual choca frontalmente la banda en su avance. Un ejemplo de este tipo de sistema es el siguiente:

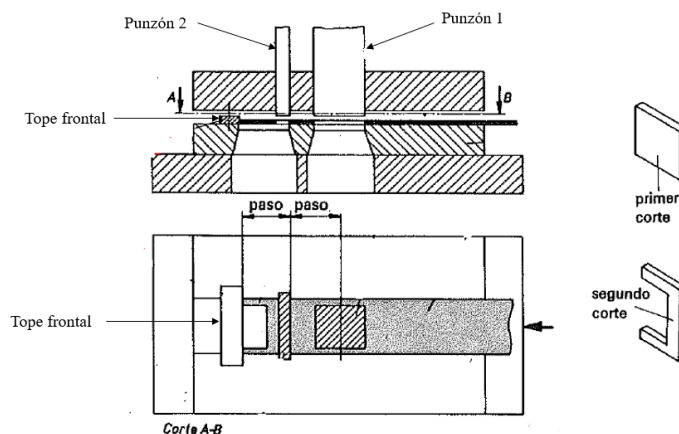


Figura 31. Método de tope frontal. Fuente: [2]



La banda de material entra en el troquel y choca con el tope frontal. A continuación, el punzón 1 corta el agujero interior de la pieza, mientras el punzón 2 realiza el corte exterior que da el resultado final de la pieza a obtener y permite que la banda pueda avanzar la distancia del paso.

#### 4.3.2. Semiautomática

En este caso, **la chapa avanza** a través del troquel **por la acción** de un dispositivo llamado **alimentador**, por lo que el proceso se realiza de forma más rápida que con la alimentación manual, **pero sigue siendo necesaria la acción de un operario** que haga el recambio de las bandas de chapa cuando éstas ya han sido troqueladas por completo.

Mediante este tipo de alimentación, generalmente el **material de partida** viene en forma de **placas o chapones** que posteriormente se cortan a la medida del ancho del fleje.



Figura 32. Alimentador montado en prensa. Fuente: [5]

En cuanto a las **características** que debe de tener un alimentador se encuentran:

- **Flexibilidad**: debe de ser **adaptable** a cierto rango de anchos de banda y espesores.
- **Precisión**: debe de ser **rígido** y estar **bien alineado** para que la precisión del avance sea buena.

Por todo lo anterior, este sistema se adopta en los casos donde la **productividad es baja o media** y el proceso de troquelado no forma parte de una línea de producción continua.

#### 4.3.3. **Automática**

En la alimentación automática, la chapa también avanza gracias al **alimentador**, pero en esta ocasión **el material proviene de una bobina**, por lo que es necesario desenrollar y aplanar la chapa con la **devanadora y aplanadora** respectivamente. De esta forma, se consigue que el proceso sea totalmente automático, sin la necesidad de que intervenga ningún operario.

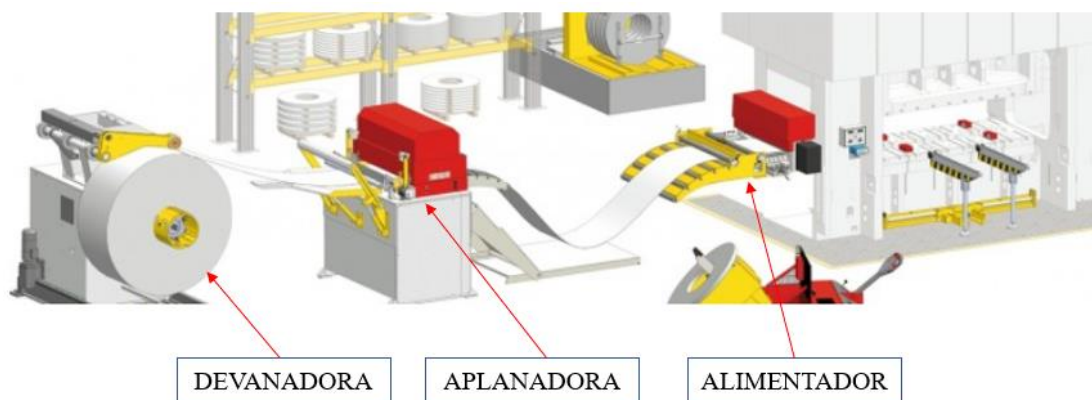


Figura 33. Alimentación automática. Fuente: [6]

Debido a la posibilidad de una total automatización, este tipo de sistemas de alimentación son los más recomendados para **productividades altas** donde sea posible la producción continua.

#### 4.3.4. Sistema de alimentación seleccionado

Debido al aumento de la complejidad del diseño del troquel que supone el tener en cuenta los topes necesarios para la alimentación manual, unido a su baja productividad, y la necesidad de disponer de una devanadora y aplanadora en el sistema automático, lo que supondría un gran desembolso económico, el sistema de alimentación seleccionado es el **SEMIAUTOMÁTICO**, por lo que es necesario seleccionar el alimentador adecuado.

Para ello, es necesario **tener en cuenta una serie de parámetros** atendiendo a la disposición de las piezas seleccionada en el *apartado 5.1.6*:

- Debe de poder desplazar bandas con un ancho de 106 mm
- La longitud de avance debe de ser capaz de dar el paso de 43 mm
- Debe de poder guiar chapas con un espesor de 2mm

Igualmente, existen diversos tipos de alimentadores, como los mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

Finalmente, el alimentador seleccionado es de tipo **neumático** del proveedor **COMTESA**, concretamente el **modelo FX4**. Los aspectos que han determinado esta elección son la **fácil instalación** de este, ya que únicamente es necesario atornillar dos tornillos a la mesa de la prensa para su fijación. Por otra parte, dispone de **una sola línea de conexión de aire** y es capaz de dar el paso con una **precisión mayor** que los de tipo mecánico.

Además, como se ha visto anteriormente, una característica importante es la **adaptabilidad**, y con este alimentador, si se desea cambiar la longitud del paso, únicamente es necesario girar el tornillo de ajuste del paso entre los topes posicionadores y apretar la tuerca de fijación, lo que supone una forma fácil y rápida de cambio.



Figura 34. Alimentador neumático seleccionado. Fuente: [7]

A continuación, se adjunta una tabla con las características principales del alimentador:

	ESPECIFICACIONES
Ancho máx. de banda (mm)	150
Longitud máx. de avance (mm)	100
Espesor máx. de banda	2,1
Fuerza de arrastre (kg)	49,1
Peso (kg)	18

Tabla 3. Especificaciones alimentador seleccionado. Fuente: Elaboración propia

## **FUNCIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR**

En cuanto al **FUNCIONAMIENTO** del alimentador, está basado en la actuación de dos mordazas y un carro con movimiento lineal.

De esta forma, **cuando la prensa desciende** para realizar el corte de la pieza presiona la válvula de accionamiento del alimentador, lo que hace que la válvula fija se cierre y la móvil se abra para permitir que el carro se desliza hacia atrás.

A continuación, **cuando la prensa vuelve a subir**, deja de hacer presión en la válvula de accionamiento, lo que hace que la mordaza fija se abra, la móvil se cierre y el carro se desplace hacia adelante arrastrando la banda de material con él.

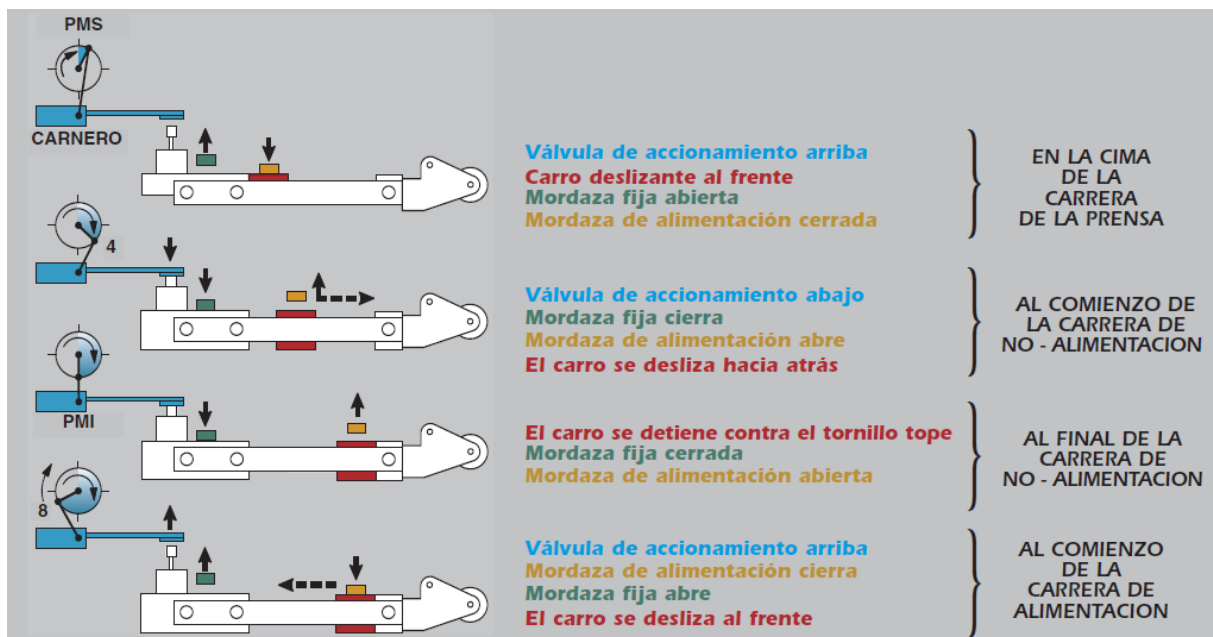


Figura 35. Secuencia de alimentación. Fuente: [7]

Finalmente, para que la prensa presione la válvula del alimentador se va a emplear un **sistema de accionamiento mecánico** mediante una barra soporte unida a la prensa y un émbolo que ejerza la presión en la válvula.

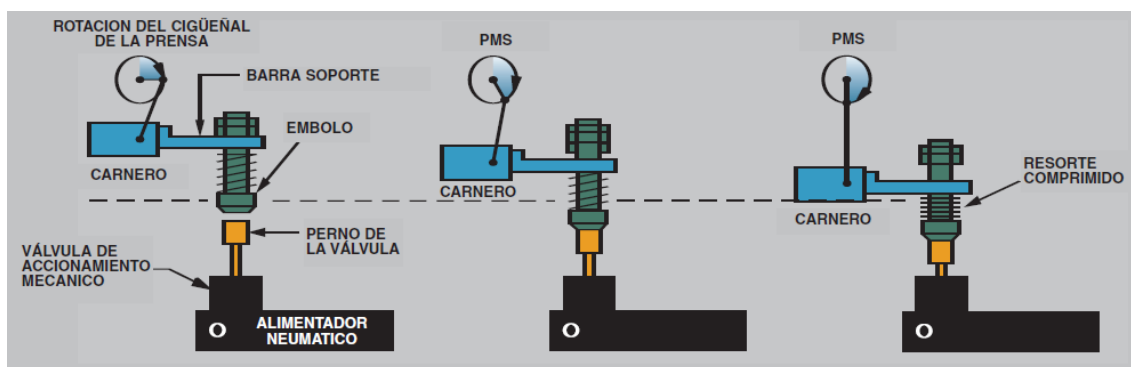


Figura 36. Accionamiento mecánico de alimentador. Fuente: [7]

## 5. DISEÑO PRELIMINAR

### 5.1. DISPOSICIONES DE LAS FIGURAS A CORTAR

A la hora de obtener las piezas a partir de la chapa es muy importante aprovechar la mayor parte del material posible para obtener el mayor rendimiento de la chapa. Para ello, **la disposición de los punzones es el factor fundamental para optimizar el proceso de corte.**

#### 5.1.1. Disposición Normal

Esta disposición se emplea cuando la forma exterior de las **piezas a cortar** se puede **inscribir en un paralelogramo rectángulo**:

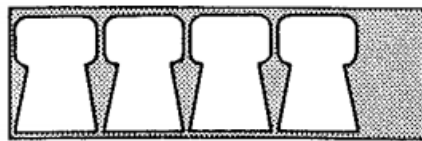


Figura 37. Disposición normal. Fuente: [2]

#### 5.1.2. Disposición Oblicua

En este caso, esta disposición es adecuada cuando **la pieza a fabricar** es estrecha y se **puede inscribir en un triángulo rectángulo**.

En esta posición, la inclinación de la pieza debe guardar relación con las caras paralelas del fleje.

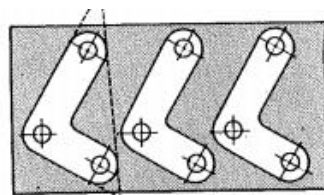


Figura 38. Disposición oblicua. Fuente: [2]

### 5.1.3. Disposición Invertida

Esta disposición nos **permite un mayor aprovechamiento** de la chapa, y en la mayoría de los casos, se producirá un aumento de la producción debido a que podremos realizar dos cortes en la misma tira de chapa, obteniendo dos piezas por golpe de prensa o incluso más.

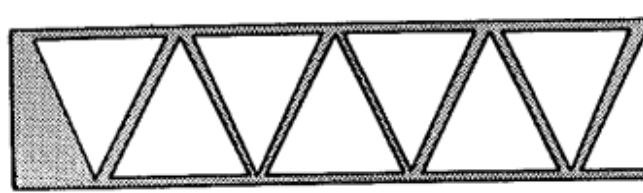


Figura 39. Disposición invertida de la pieza a cortar. Fuente: [2]

### 5.1.4. Disposición Múltiple

Esta disposición pretende obtener el máximo aprovechamiento de la chapa, de forma que se incremente el número de piezas obtenidas en cada golpe de prensa, obteniendo de esta manera un aumento de la producción.

El ejemplo más claro es el llamado de **tresbolillo**, el cual se utiliza cuando las piezas que van a ser troqueladas presentan una **forma circular o poligonal regular**.

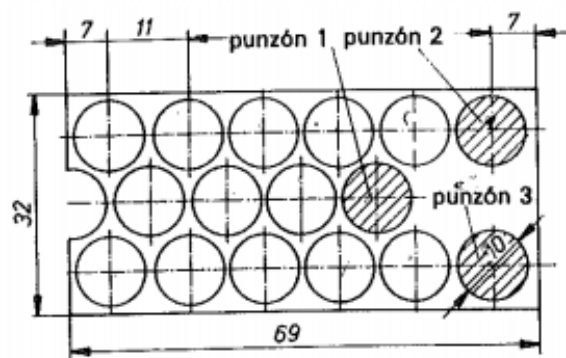


Figura 40. Disposición múltiple de la pieza a cortar. Fuente: [2]



### 5.1.5. Cálculo de la optimización de las piezas en la plancha

La fabricación de las piezas va a partir de chapas de **acero inoxidable**, por lo que se ha consultado las **dimensiones comerciales** de este tipo de material en función del espesor de la chapa, que en este caso es de 2mm.

Material	Espesores mm.	Estado de suministro
Acero	0,5	Fleje recocido, pulido: longitud 20 ÷ 30 m.; ancho 250 ÷ 300 mm.
	0,3 ÷ 0,45	Chapas 800 × 1.600 mm.
	0,5 ÷ 5	Chapas 1.000 × 2.000 mm.
Aluminio	0,5 ÷ 3	Chapas 1.000 × 2.000 mm.
Cobre	< 0,5	Flejes
	0,5 ÷ 2,5	Chapas 600 × 1.200 mm.
Latón	< 0,5	Flejes
	0,5 ÷ 1,5	Chapas 670 × 1.340 mm.
	< 1,5	Plano recocido
Tolerancia sobre el ancho de las chapas ± 6 mm. " " la longitud de las chapas ± 15 mm.		

Tabla 4. Dimensiones comerciales de chapas para el estampado en frío. Fuente: [8]

Así pues, las chapas a partir de las cuales se va a partir para la fabricación de los abrebotellas van a ser de dimensiones son **1000 x 2000 x 2 mm**.

A continuación, se ha diseñado el abrebotellas en SolidWorks para obtener el **área y perímetro exterior**, que posteriormente serán empleados en los distintos cálculos.



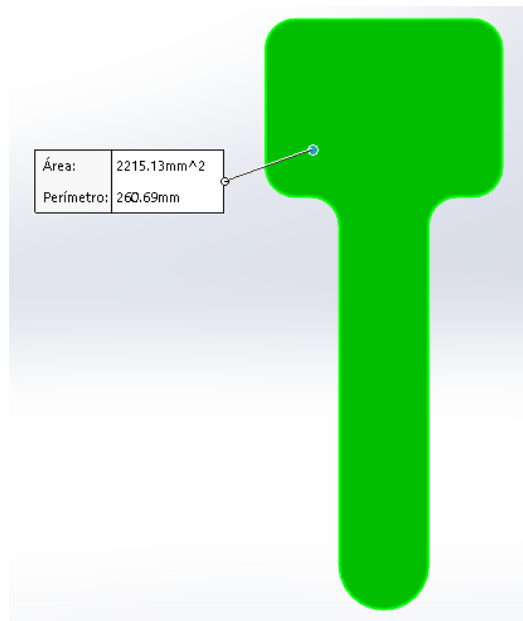


Figura 41. Área y perímetro del abrebotellas sin agujeros interiores. Fuente: Elaboración propia

- **Área** de la pieza sin agujeros = 2215,13 mm<sup>2</sup>
- **Perímetro** exterior de la pieza = 260,69 mm

El primer parámetro que se ha tenido en cuenta ha sido la **separación mínima** necesaria **entre cada una de las piezas** en una misma plancha. Esta separación se obtiene de la siguiente ecuación, siendo “e” el espesor de la chapa (2 mm):

$$S = 1,5 \cdot e \geq 1mm$$

De esta manera se concluye que la separación mínima entre piezas ha de ser **S= 3 mm**

A continuación, se muestran las diferentes disposiciones de las piezas considerando que las planchas pueden encontrarse en situación horizontal o vertical, y como es lógico, calculando el rendimiento con la disposición que permita obtener el mayor número de piezas.

## DISPOSICIÓN NORMAL

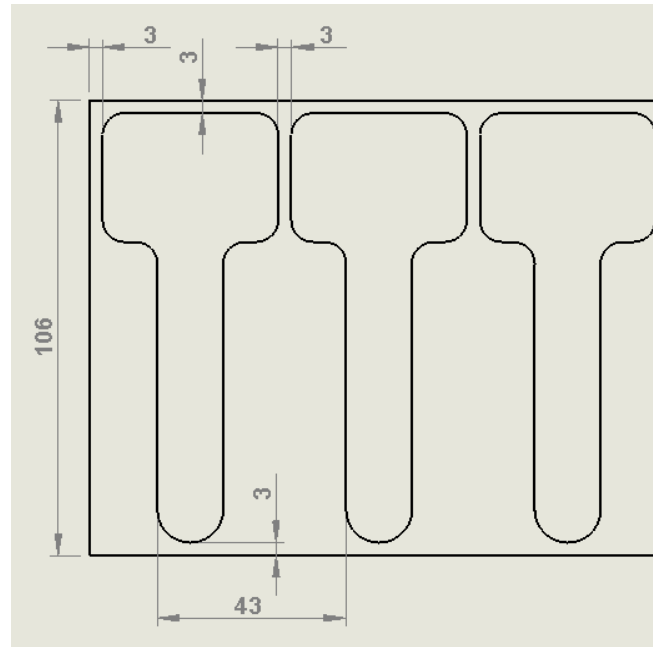


Figura 42. Disposición normal en la chapa. Fuente: Elaboración propia

Parámetros importantes:

- **Ancho del fleje:** 106 mm
- **Paso:** 43 mm

✓ Plancha en **horizontal**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Ancho chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{1000}{106} = 9,433 \approx 9 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Largo chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{2000 - 2 \cdot 3}{43} = 46,37$$

$$\approx 46 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 9 \text{ bandas} \cdot 46 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 414 \text{ piezas}$$

✓ Plancha en **vertical**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Largo chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{2000}{106} = 18,87 \approx 18 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{1000 - 2 \cdot 3}{43} = 23,12$$

$$\approx 23 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 18 \text{ bandas} \cdot 23 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = \mathbf{414 \text{ piezas}}$$

Por tanto, teniendo en cuenta la orientación de la plancha más favorable:

**Rendimiento** de la chapa:

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \text{Área de la pieza}}{\text{Área de la chapa}} \cdot 100 = \frac{414 \cdot 2215,13}{2000000} = \mathbf{45,85\%}$$

**Número de planchas** necesarias:

$$N^{\circ} \text{ planchas} = \frac{N^{\circ} \text{ piezas totales a fabricar}}{N^{\circ} \text{ piezas obtenidas en la disposición}} = \frac{25000}{414} = 60,39$$

$$\approx \mathbf{61 \text{ planchas}}$$

## DISPOSICIÓN INVERTIDA

### Opción A:

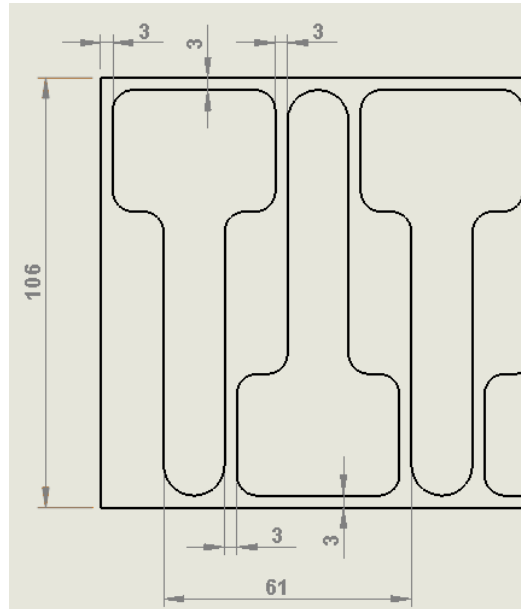


Figura 43. Disposición invertida (A) en la chapa. Fuente: Elaboración propia

Parámetros importantes:

- **Ancho del fleje:** 106 mm
- **Paso:** 61 mm

✓ Plancha en **horizontal:**

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Ancho chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{1000}{106} = 9,433 \approx 9 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Largo chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(2000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{61} = 65,37$$

$$\approx 65 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 9 \text{ bandas} \cdot 65 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 585 \text{ piezas}$$

✓ Plancha en **vertical**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Largo chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{2000}{106} = 18,87 \approx 18 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(1000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{61} = 32,59$$

$$\approx 32 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 18 \text{ bandas} \cdot 32 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 576 \text{ piezas}$$

Por tanto, teniendo en cuenta la orientación de la plancha más favorable:

**Rendimiento** de la chapa:

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \text{Área de la pieza}}{\text{Área de la chapa}} = \frac{585 \cdot 2215,13}{2000000} = 64,79 \%$$

$$N^{\circ} \text{ planchas} = \frac{N^{\circ} \text{ piezas totales a fabricar}}{N^{\circ} \text{ piezas obtenidas en la disposición}} = \frac{25000}{585} = 42,74$$

$$\approx 43 \text{ planchas}$$

Opción B:

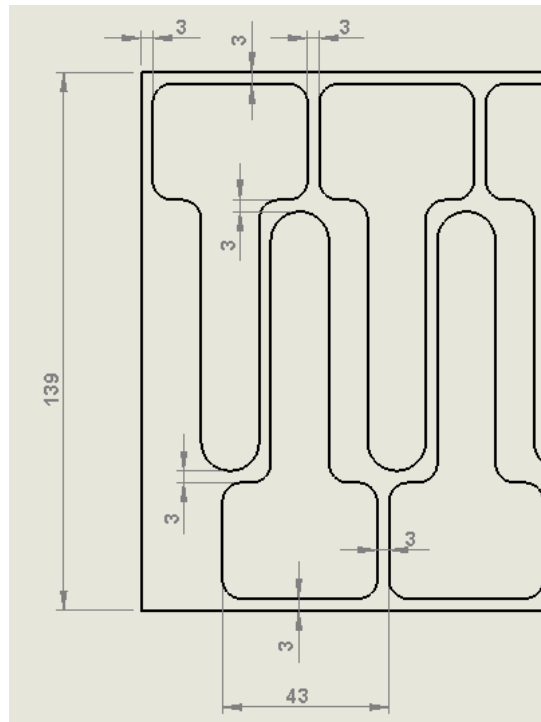


Figura 44. Disposición invertida (B) en la chapa. Fuente: Elaboración propia

Parámetros importantes:

- **Ancho del fleje:** 139 mm
- **Paso:** 43 mm

✓ Plancha en **horizontal**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Ancho chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{1000}{139} = 7,19 \approx 7 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Largo chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(2000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{43} = 92,74$$

$$\approx 92 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 7 \text{ bandas} \cdot 92 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 644 \text{ piezas}$$

✓ Plancha en **vertical**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Largo chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{2000}{139} = 14,38 \approx 14 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(1000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{43} = 46,23$$

$$\approx 46 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 14 \text{ bandas} \cdot 46 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = \mathbf{644 \text{ piezas}}$$

Por tanto, teniendo en cuenta la orientación de la plancha más favorable:

**Rendimiento** de la chapa:

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \text{Área de la pieza}}{\text{Área de la chapa}} \cdot 100 = \frac{644 \cdot 2215,13}{2000000} \cdot 100 = \mathbf{71,33 \%}$$

**Número de planchas** necesarias:

$$N^{\circ} \text{ planchas} = \frac{N^{\circ} \text{ piezas totales a fabricar}}{N^{\circ} \text{ piezas obtenidas en la disposición}} = \frac{25000}{644} = 38,92$$

$$\approx \mathbf{39 \text{ planchas}}$$

## DISPOSICIÓN OBLICUA

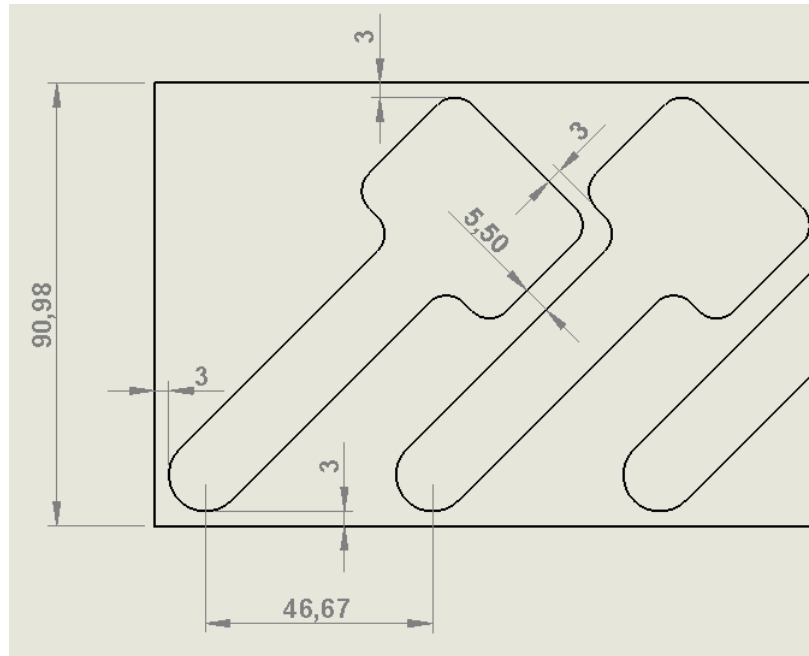


Figura 45. Disposición oblicua en la chapa. Fuente: Elaboración propia

Parámetros importantes:

- **Ancho del fleje:** 90,98 mm
- **Paso:** 46,67 mm

✓ Plancha en **horizontal**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Ancho chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{1000}{90,98} = 10,99 \approx 10 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(2000 - 2 \cdot 3)}{46,67} - 1 = 41,72$$

$$\approx 41 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 10 \text{ bandas} \cdot 41 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 410 \text{ piezas}$$



✓ Plancha en **vertical**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Largo chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{2000}{90,98} = 21,98 \approx 21 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(1000 - 2 \cdot 3)}{46,67} - 1 = 20,3$$

$$\approx 20 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 21 \text{ bandas} \cdot 21 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 420 \text{ piezas}$$

Por tanto, teniendo en cuenta la orientación de la plancha más favorable:

**Rendimiento** de la chapa:

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \text{Área de la pieza}}{\text{Área de la chapa}} = \frac{420 \cdot 2215,13}{2000000} = 46,52 \%$$

**Número de planchas** necesarias:

$$N^{\circ} \text{ planchas} = \frac{N^{\circ} \text{ piezas totales a fabricar}}{N^{\circ} \text{ piezas obtenidas en la disposición}} = \frac{25000}{420} = 59,52$$

$$\approx 60 \text{ planchas}$$

## DISPOSICIÓN OBLICUA-INVERTIDA

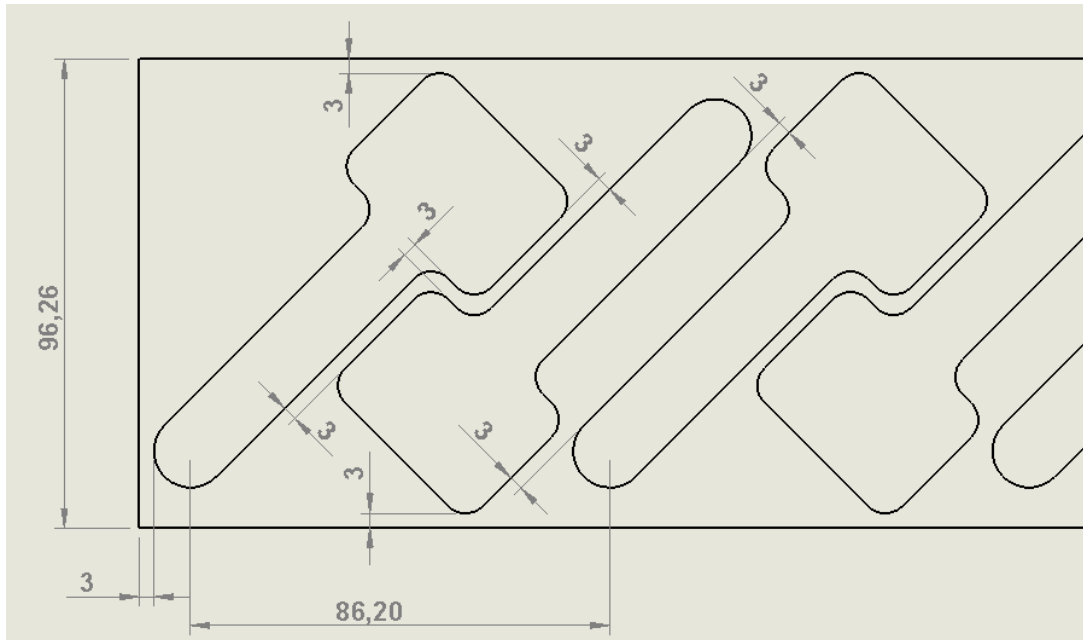


Figura 46. Disposición oblicua invertida en la chapa- Fuente: Elaboración propia

Parámetros importantes:

- **Ancho del fleje:** 96,26 mm
- **Paso:** 86,2 mm

✓ Plancha en **horizontal:**

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Ancho chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{1000}{96,26} = 10,39 \approx 10 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(2000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{86,27} - 1 = 45,26$$

$$\approx 45 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 10 \text{ bandas} \cdot 45 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 450 \text{ piezas}$$

✓ Plancha en **vertical**:

$$N^{\circ} \text{ bandas} = \frac{\text{Largo chapa}}{\text{Ancho fleje}} = \frac{2000}{96,26} = 20,78 \approx 20 \text{ bandas}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas por banda} = \frac{\text{Ancho chapa} - 2 \cdot e}{\text{Paso}} = \frac{(1000 - 2 \cdot 3) \cdot 2}{86,27} - 1 = 22,06$$

$$\approx 22 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}}$$

$$N^{\circ} \text{ piezas totales} = 20 \text{ bandas} \cdot 22 \frac{\text{piezas}}{\text{banda}} = 440 \text{ piezas}$$

Por tanto, teniendo en cuenta la orientación de la plancha más favorable:

**Rendimiento** de la chapa:

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ piezas} \cdot \text{Área de la pieza}}{\text{Área de la chapa}} = \frac{450 \cdot 2215,13}{200000} = 49,84 \%$$

**Número de planchas** necesarias:

$$N^{\circ} \text{ planchas} = \frac{N^{\circ} \text{ piezas totales a fabricar}}{N^{\circ} \text{ piezas obtenidas en la disposición}} = \frac{25000}{450} = 55,56$$

$$\approx 56 \text{ planchas}$$

### 5.1.6. Disposición seleccionada

A continuación, se adjunta una tabla resumen donde pueden verse los parámetros más importantes de cada disposición.

	DISPOSICIONES									
PARÁMETROS	Normal		Invertida (A)		Invertida (B)		Oblicua		Oblicua invertida	
Paso (mm)	43		61		43		46,67		86,27	
Ancho fleje (mm)	106		106		139		90,98		96,26	
	ORIENTACIÓN DE LA CHAPA									
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
N.º piezas totales	414	414	585	576	644	644	410	420	450	440
Rendimiento chapa sin agujeros interiores (%)	45,85		64,79	63,80	71,33		45,41	46,52	49,84	48,73
N.º planchas necesarias	61		43	43	39		61	60	56	57

Tabla 5. Parámetros más importantes de cada disposición. Fuente: Elaboración propia.

### OPCIÓN 1: DISPOSICIÓN INVERTIDA (B)

Como puede observarse, las disposiciones que **más rendimiento** sacan a la chapa son las **invertidas**, concretamente la **opción B**. Sin embargo, es necesario valorar si esta disposición es la más apropiada para este caso concreto, ya que para adoptar esta disposición es necesario la utilización del doble de punzones, lo que supone los siguientes **inconvenientes**:

- Al ser necesarios el doble de punzones, **el precio a pagar por ellos se duplica**.
- Al mismo tiempo, la fuerza necesaria para realizar el corte también es el doble, por lo que **la capacidad de la prensa** necesaria para llevar a cabo la operación **se duplica**, lo que también supone un aumento del coste.

- Las **dimensiones de la placa matriz** deben **aumentar** para albergar los agujeros de los 6 punzones, por lo que el **diseño del troquel se complica** y sus dimensiones **aumentan**, al igual que el número de **elementos comerciales** necesarios.

## **OPCIÓN 2: DISPOSICIÓN NORMAL**

Debido a lo comentado anteriormente, se ha realizado **un breve estudio de lo que supondría adoptar la disposición normal**, lo que conlleva la necesidad de comprar más chapas de acero inoxidable.

En primer lugar, para la fabricación de los 25.000 abrebotellas sería **necesario comprar 22 planchas de acero más** que si se adoptase la disposición invertida.

Por otro lado, en [9] se explica que el **precio promedio del acero inoxidable AISI 304** es de **1,4 €/kg**, y dado que el **peso** de las chapas de 1000 x 2000 x 2 mm es de aproximadamente **31,6 kg/chapa**, esto supondría un **sobrecoste total de 973,28 €**.

Por último, para el corte de las piezas en la **disposición normal** se necesitaría una **prensa de aproximadamente 60 toneladas o más**, mientras que para el corte de las piezas en **disposición invertida** se necesita una **prensa de aproximadamente 110 toneladas o más**, por lo que la diferencia de precios entre una y otra es notable.

Como se puede ver, únicamente con **el ahorro que supone el disponer de una prensa de menor capacidad ya rentabiliza el sobrecoste** que conlleva comprar más chapas de acero inoxidable a cambio de un diseño más sencillo.

Además, en caso de que se quiera adoptar unos valores productivos cercanos a los de la disposición invertida, siempre existe la posibilidad de disponer de **dos prensas de 60 toneladas**, lo que puede considerarse como una **ventaja**, ya que una vez terminados los 25.000 abrebotellas se dispondría de dos prensas para comenzar otra línea productiva, o

incluso seguir con una prensa fabricando abrebotellas y dar otro uso distinto a la segunda prensa.

Finalmente, también es conveniente comentar que, aunque la disposición normal saque menos rendimiento a la chapa, este **material sobrante se puede vender para obtener una pequeña retribución económica**, por lo que el inconveniente de aprovechar menos la chapa se minimiza.

Para concluir, después de este breve estudio queda en manifiesto que la inversión necesaria para disponer de los equipos que suponen adaptar una disposición invertida no justifica su mayor rendimiento, por lo que **la disposición seleccionada es la DISPOSICIÓN NORMAL.**

## 5.2. FUERZAS IMPLICADAS EN EL PROCESO DE CORTE

En el corte por punzonado, el material está sometido a fuertes tensiones de tracción y compresión, produciéndose el corte cuando las tensiones de la zona periférica rebasan la resistencia al cizallamiento de la chapa, ya que la operación de corte es simplemente una operación de cizallado.

Por tanto, los esfuerzos presentes en el corte son:

### 5.2.1. Fuerza de corte

Es la fuerza necesaria para **cizallar el material**, por lo que es imprescindible conocer la resistencia a la cizalladura del acero inoxidable.

Material	Resistencia a la cizalladura $\sigma_T$ en kgf/mm <sup>2</sup>				
	Estado		Material	Estado	
	Blando	Duro		Blando	Duro
Goma	0-7	2-7	Cuero	0-7	—
Mica	5-8	—	Madera	1-3	—
Celuloide	4-6	—	Papel y cartón	2,5	—
Cartón duro	7-9	—	Cartulina de resina sintética	10-14	—
Plomo	2-3	—	Chapa de hierro comercial	—	40
Estaño	3-4	—	Chapa de hierro embutible	30-35	—
Aluminio	6-11	13-16	Chapa de acero semiduro comercial	45-50	55-60
Duraluminio	15-22	30-38	Acero lam. con 0,1 % C	25	32
Siluminio	10-12	20	» » » 0,2 % C	32	40
Anticorodal	9-10	25-29	» » » 0,3 % C	35	48
Cinc	12	20	» » » 0,4 % C	45	56
Cobre	12-22	25-30	» » » 0,6 % C	56	72
Latón	22-30	35-40	» » » 0,8 % C	72	90
Bronce laminado	32-40	40-60	» » » 1 % C	80	105
Alpaca laminada	28-36	45-46	» al silicio	45	56
Plata laminada	23-24	—	» inoxidable	50-55	55-60

Tabla 6. Resistencia a la cizalladura de los materiales laminados más corrientes. Fuente: [2]

Así pues, la resistencia a la cortadura que se va a emplear en los siguientes cálculos es  $\sigma_c = 550 \text{ MPa}$  y la fuerza de corte total será por tanto la suma de las fuerzas de corte de cada punzón. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$F_c = \sigma_c \cdot P \cdot e$$

Siendo:

- $\sigma_c$ : resistencia al corte de la chapa (MPa)
- $P$ : perímetro del punzón (mm)
- $e$ : espesor de la chapa (mm)

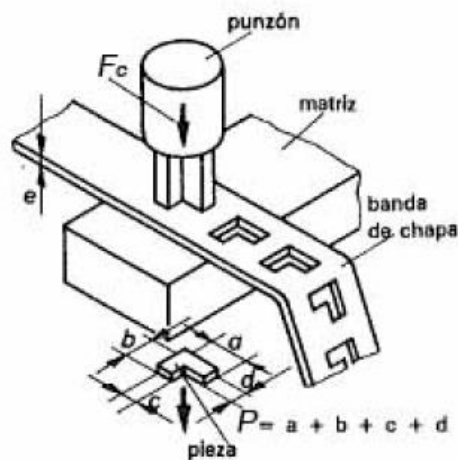


Figura 47. Fuerza de corte. Fuente: [2]

Por tanto, las fuerzas de corte para cada tipo de punzón serán las siguientes:

### PUNZÓN INTERIOR 1

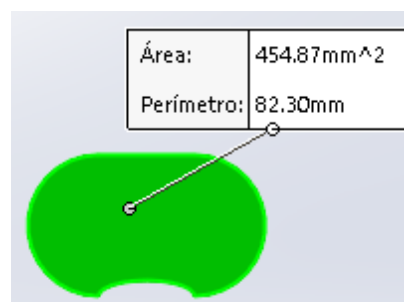


Figura 48. Área y perímetro del punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia

$$F_{c \text{ int-1}} = 550 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 82,3 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} = 90530 \text{ N} = 90,53 \text{ kN}$$



## PUNZÓN INTERIOR 2

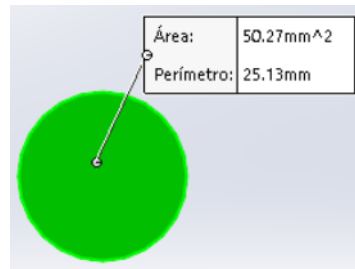


Figura 49. Área y perímetro del punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia

$$F_{c\text{ int-2}} = 550 \frac{N}{mm^2} \cdot 25,13 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} = 27643 \text{ N} = 27,643 \text{ kN}$$

## PUNZÓN EXTERIOR

$$F_{c\text{ ext}} = 550 \frac{N}{mm^2} \cdot 260,69 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} = 286759 \text{ N} = 286,759 \text{ kN}$$

Por tanto, la **fuerza de corte total** será la suma de las fuerzas de corte de cada punzón:

$$F_{c\text{ TOTAL}} = 27,643 + 90,53 + 286,759 = \mathbf{404,932 \text{ kN}}$$

### 5.2.2. Fuerza de extracción

Es la fuerza necesaria para **separar el recorte de chapa** que queda **sujeto al punzón** tras el corte.

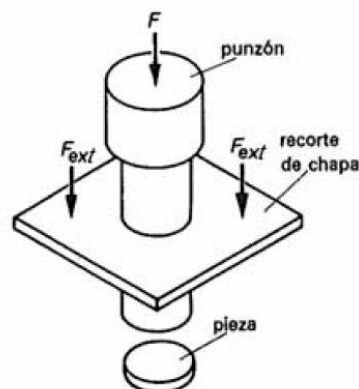


Figura 50. Fuerza de extracción. Fuente: [2]

Sus valores se obtienen de la siguiente fórmula:

$$F_{ext} = 0,1 \cdot F_c$$

$$F_{ext\ int-1} = 0,1 \cdot 90,53 = 9,053\text{ kN}$$

$$F_{ext\ int-2} = 0,1 \cdot 27,643 = 2,7643\text{ kN}$$

$$F_{ext\ ext} = 0,1 \cdot 286,759 = 28,676\text{ kN}$$

Al igual que ocurre con la fuerza de corte, la **fuerza de extracción total** será la suma de las fuerzas de extracción de cada punzón:

$$F_{ext\ TOTAL} = 2,7643 + 9,053 + 28,676 = \mathbf{40,493\text{ kN}}$$

### 5.2.3. Fuerza de expulsión

Es la fuerza necesaria para **extraer la pieza de la matriz**.

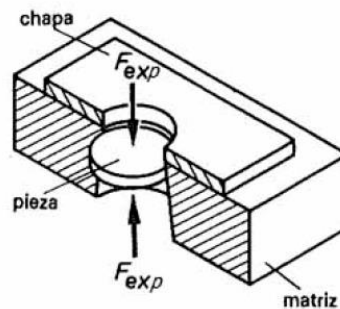


Figura 51. Fuerza de expulsión. Fuente: [2]

Su valor se obtiene de la siguiente fórmula:

$$F_{exp} = 0,015 \cdot F_c$$

$$F_{exp} = 0,015 \cdot F_{c\ int-1} = 0,015 \cdot 90,53\text{ kN} = 1,358\text{ kN}$$

$$F_{exp} = 0,015 \cdot F_{c\ int-2} = 0,015 \cdot 27,643\text{ kN} = 0,415\text{ kN}$$

$$F_{exp} = 0,015 \cdot F_{c\ ext} = 0,015 \cdot 286,759\text{ kN} = 4,301\text{ kN}$$

Al igual que en los casos anteriores, la **fuerza de expulsión total** será la suma de la fuerza de expulsión de cada punzón:

$$F_{exp\ TOTAL} = 1,358 + 0,415 + 4,301 = 6,074\text{ kN}$$

A continuación, se adjunta una tabla resumen con los valores obtenidos:

	FUERZA CORTE (kN)	FUERZA EXTRACCIÓN (kN)	FUERZA EXPULSIÓN (kN)
Punzón interior 1	90,530	9,053	1,358
Punzón interior 2	27,643	2,764	0,415
Punzón exterior	286,759	28,676	4,301
<b>TOTAL</b>	<b>404,932</b>	<b>40,493</b>	<b>6,074</b>

Tabla 7. Fuerzas implicadas en el proceso de corte. Fuente: Elaboración propia

## 6. DISEÑO DE LAS PARTES PRINCIPALES DEL TROQUEL

Para poder diseñar de forma correcta los distintos componentes del troquel, es necesario conocer el funcionamiento de este. Por ello, a continuación, se muestra una imagen con los componentes principales de un troquel progresivo para comprender mejor su funcionamiento.

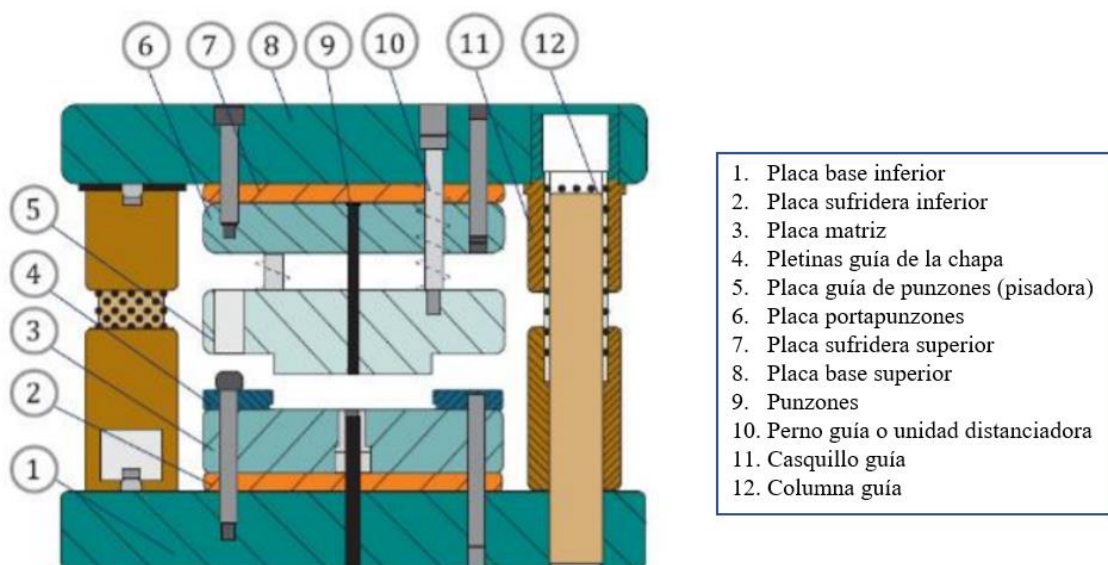


Figura 52. Componentes principales de un troquel. Fuente: [10]

**Inicialmente**, en la posición de reposo del **troquel**, éste se encuentra con los componentes que conforman el conjunto superior (placa base superior, sufridera superior, placa portapunzones, punzones y placa guía de punzones) **en su posición más elevada**.

A continuación, cuando la prensa comienza su acometida, el **conjunto superior baja** a través de las columnas guía de forma conjunta hasta que la placa guía de punzones hace contacto con la chapa.

A partir de aquí, **la chapa se encuentra fija** debido a la presión que le ejerce la placa guía de punzones y los muelles se comprimen permitiendo que los punzones continúen el movimiento de bajada deslizándose a través de la placa guía de punzones e introduciéndose dentro de la placa matriz, produciéndose el **corte de los orificios interiores** de la pieza.

Una vez realizados los cortes interiores, todo el **conjunto superior vuelve a su posición inicial**, mientras la **banda de chapa avanza** la longitud del paso.

Finalmente, el conjunto superior vuelve a bajar para esta vez realizar el **corte exterior** de la pieza y vuelve a comenzar el proceso. Por tanto, **el abrebotellas se fabrica en dos golpes de prensa**.

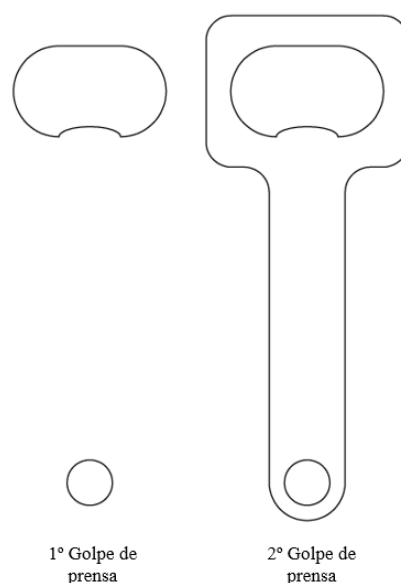


Figura 53. Agujeros creados en la chapa en cada golpe de prensa. Fuente: Elaboración propia

## 6.1. PUNZONES

Los punzones son prismas cuya sección transversal tiene la forma del orificio a cortar, y **producen el corte** introduciéndose en los agujeros de la matriz, provocando de esta forma el **cizallamiento** de la chapa.

### MATERIAL

El material del que van a estar fabricados es **acero templado F-5229** (aceros de herramienta para trabajar en frío), ya que es un material muy usado en herramientas de corte con espesores de chapa de hasta 6mm.

### TRATAMIENTO TÉRMICO

Como se acaba de mencionar, los punzones van a someterse a un proceso de temple, pero es necesario llevar a cabo unos tratamientos adicionales para obtener una dureza concreta.

Inicialmente, se realizará un **recocido** a una temperatura de 650°C para eliminar las posibles tensiones resultantes del mecanizado de su forma, lo que podría derivar en deformaciones inadmisibles.

A continuación, se realizará un **temple** calentando el punzón a 790 °C (temperatura de austenización del material) para su posterior enfriamiento en aceite hasta una temperatura de 180°C.

Por último, se realizará un **revenido** volviendo a calentar el punzón a 200°C para obtener una dureza de 62-64 HRC.

## DIMENSIONES

Cuando la **sección** de la pieza a cortar es **reducida**, la forma de la **parte activa del corte** se reduce a una longitud **limitada a un extremo** de este.

En cambio, en el resto de las ocasiones, la parte activa del corte es de mayores dimensiones.

### ➤ LONGITUD MÁXIMA DEL PUNZÓN

Para dimensionar los punzones se calculará la longitud máxima del punzón que puede sobresalir de la placa portapunzones que para que no se produzca el efecto del pandeo.

Para ello, se tiene en cuenta que **la fuerza de pandeo es la misma que la fuerza de corte**:

$$F_p = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Siendo:

- **F<sub>p</sub>**: fuerza de pandeo [kgf]
- **E**: módulo de elasticidad del punzón [kgf/mm<sup>2</sup>]
- **I**: momento de inercia de la sección
- **L**: longitud del punzón [mm]

**Únicamente se estudia el pandeo del punzón circular**, ya que es el más susceptible de sufrir pandeo por ser el punzón de menor tamaño y por tanto el más frágil. Por ello, la **fuerza de corte** será la de dicho punzón, es decir, **27643 N** y la inercia será la siguiente:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot (8 \text{ mm})^4}{64} = 201,062 \text{ mm}^4$$

Por tanto, despejando la longitud del punzón resulta:

$$L_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{F_p}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21000 \text{ kgf} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 201,062 \text{ mm}^4}{27643 \text{ N}}} = 121,61 \text{ mm}$$

Una vez conocida la dimensión máxima de los punzones, se ha decidido que tengan una **longitud de 85 mm**.

### ➤ DIÁMETRO MÍNIMO DEL PUNZÓN

De igual forma, se calcula el diámetro mínimo que puede tener el punzón a través de la siguiente expresión:

$$d_{\text{mín}} = e \cdot \sqrt[3]{\frac{\sigma_c}{35}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{55}{35}} = 2,325 \text{ mm}$$

Siendo:

- **e**: espesor de la pieza [mm]
- **σ<sub>c</sub>**: resistencia del material a la cizalladura [kgf/mm<sup>2</sup>]

Como puede observarse, **el diámetro mínimo que se puede cortar es inferior a los 8 mm** del diámetro del abrebotellas, por lo que a priori, no debe de ocurrir ningún tipo de problema en el corte de dicho orificio.

### ➤ TOLERANCIA ENTRE EL PUNZÓN Y LA MATRIZ

Entre el punzón y la matriz es necesario que exista un **juego adecuado** para un buen funcionamiento, conservación y limpieza del troquel, además de para obtener un buen proceso de corte.

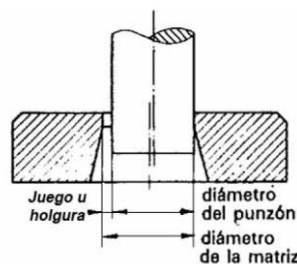


Figura 54. Juego entre el punzón y la matriz. Fuente: Fuente: [2]

Dicho valor de **tolerancia** depende de la resistencia del material a la cizalladura y del espesor de la chapa.

Resistencia al corte (Kg/mm <sup>2</sup> ) $\sigma_c$	Factor de tolerancia $T_c$
<10	0,01·e
11-25	0,03·e
26-39	0,05·e
40-59	0,07·e
60-99	0,09·e
>100	0,10·e

Tabla 8, Tolerancias en función de la resistencia al corte. Fuente: Fuente: [2]

Por tanto, dado que el acero inoxidable tiene una resistencia al corte de 55 kg/mm<sup>2</sup> y el espesor de la chapa es de 2mm, el factor de tolerancia a aplicar será:

$$T_c = 0,07 \cdot e = 0,07 \cdot 2 = \mathbf{0,14 \text{ mm}}$$

Sin embargo, para facilitar la simplicidad de los cálculos y de la fabricación, **se ha decidido emplear una tolerancia de 0,2 mm**, ya que se va a realizar una simulación donde se podrá comprobar si el valor es adecuado.

Por último, habrá que hacer dos distinciones a la hora de aplicar este factor de tolerancia:

1. Para hacer los **agujeros interiores** del abrebotellas, esta tolerancia se aplicará a la matriz, teniendo en los **punzones la medida exacta**.
2. Para hacer **el contorno exterior** del abrebotellas, será la matriz quien tenga la **medida exacta** y se aplicará la tolerancia al punzón.

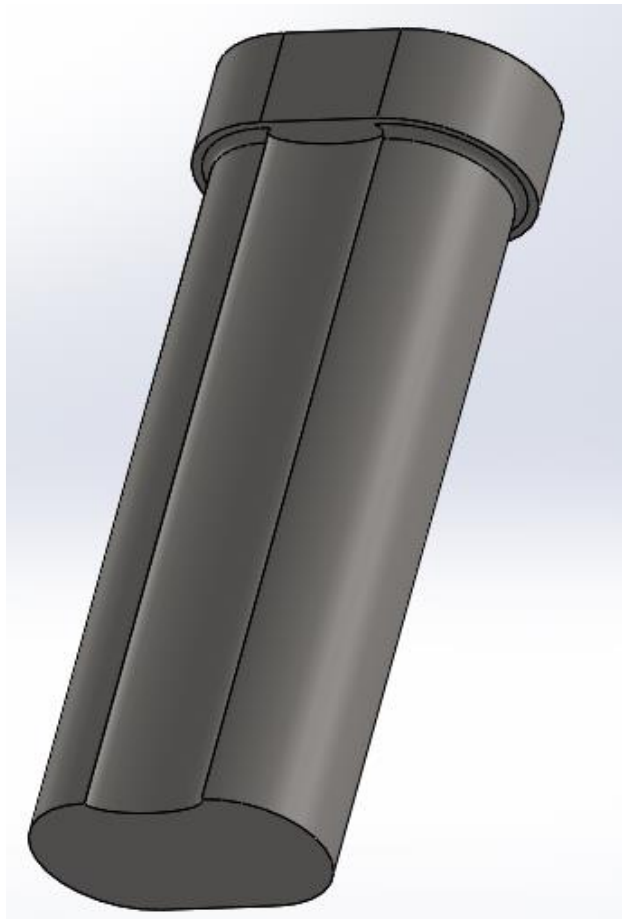


### 6.1.1. Punzón interior 1

Este punzón es el encargado **de realizar el orificio que hará posible la extracción de las chapas de las botellas.**

La **cabeza del punzón** es de mayor tamaño que la parte activa del mismo para hacer posible la sujeción en la placa portapunzones, y en la transición entre la cabeza y la parte activa del punzón se ha realizado un **radio de acuerdo de 1mm** para reducir la concentración de tensiones en dicha zona.

Finalmente, la **longitud total del punzón es de 85 mm.**



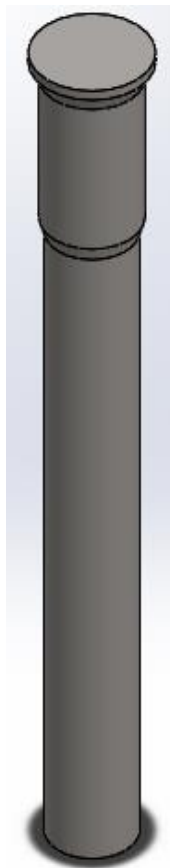
*Figura 55. Punzón interior 1. Fuente elaboración propia*

### 6.1.2. Punzón interior 2

Este punzón es el encargado de **realizar el orificio de Ø8 mm** que servirá para poder introducir un cordel que sirva al usuario para llevar colgando el abrebotellas, uso muy frecuente en camareros de hostelería.

La **cabeza del punzón** es de mayor tamaño que la parte activa del mismo para hacer posible la sujeción en la placa portapunzones, pero en esta **ocasión parte de un Ø de 12 mm con un espesor de 1 mm y pasa al Ø de 10mm con un ángulo de 30°**.

Además, en este punzón se ha realizado una **primera reducción de sección** que se une a la parte activa del punzón mediante un chaflán, permitiendo la aplicación de un ajuste de apriete y una menor concentración de tensiones. Finalmente, la **longitud total** del punzón sigue siendo de **85 mm**.



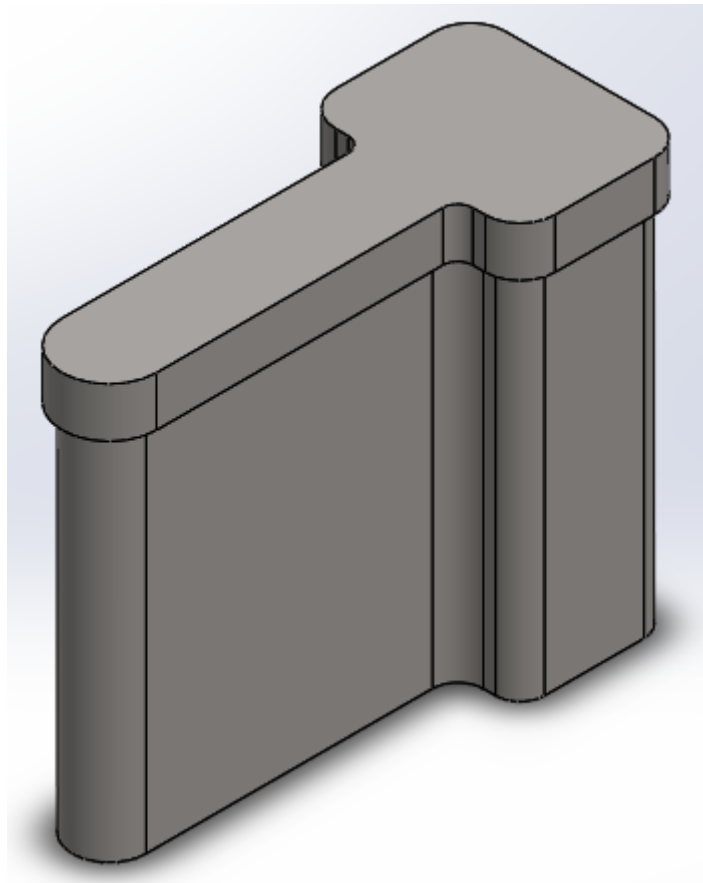
*Figura 56. Punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia*

### 6.1.3. Punzón exterior

Este punzón es el encargado **de realizar el contorno exterior del abrebotellas**, es decir, la parte que el usuario va a agarrar cuando lo utilice.

En este caso, la **cabeza del punzón** también es de mayor tamaño que la parte activa del mismo para hacer posible la sujeción en la placa portapunzones, con un radio de acuerdo de 1mm en la transición entre la cabeza y la parte activa del punzón con el fin de reducir la concentración de tensiones en esa zona.

Finalmente, la **longitud total del punzón también es de 85 mm**.



*Figura 57. Punzón exterior. Fuente: Elaboración propia*

## 6.2. PLACA MATRIZ

Junto con los punzones, es la **pieza más importante del troquel**, y tiene mecanizada con exactitud la forma, el tamaño y la disposición relativa de los agujeros de los punzones que posteriormente se introducirán en ella y que permitirán generar la pieza que se desea obtener. Su **cara superior**, que es la superficie de corte, está **rectificada**.

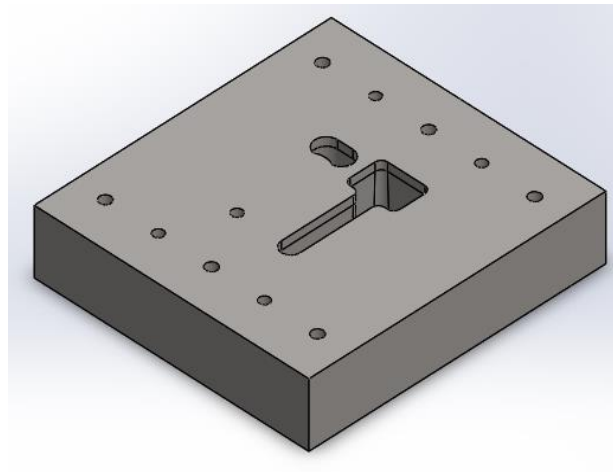


Figura 58. Placa matriz. Fuente: Elaboración propia

### MATERIAL

Dada la importancia de este componente, debe estar fabricada con material de **gran calidad**, por lo que generalmente suele emplearse **acero templado indeformable**, en este caso se ha seleccionado el acero **F-5229**.

### TRATAMIENTO TÉRMICO

Al igual que ocurría con los punzones, la placa matriz también va a someterse a una serie de tratamientos térmicos.

En primer lugar, al igual que en los punzones, se realizará un **temple** calentando la placa hasta los 790°C (temperatura de austenización del material) y se enfriará de manera brusca en un baño de aceite hasta los 180°C.

Por último, se realizará un **revenido** calentando la placa hasta una temperatura de 200°C para obtener una dureza aproximada de 62-64 HRc.

## DIMENSIONES

El **espesor** de la placa matriz **depende** de:

1. El esfuerzo de cote.
2. La forma de la pieza.
3. Las dimensiones externas de la misma placa

Por ello, una matriz con un agujero circular puede ser más delgada que una matriz con un agujero de forma irregular y artistas vivas, la cual tendrá más peligro de romperse.

En cuanto a las **dimensiones exteriores**, la distancia mínima desde la arista de corte al borde de la matriz oscila de 1 a 2 veces el espesor de la placa, dependiendo de si se trata de una arista recta, curva o en punta:

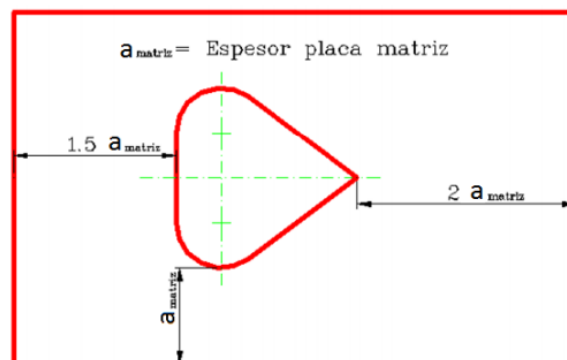


Figura 59. Dimensiones exteriores de la placa matriz. Fuente: [2]

$$a = 0,6 \cdot \sqrt[3]{F_c} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{408386 \text{ N}} = 44,51 \text{ mm}$$

Así pues, las **dimensiones exteriores** de la placa matriz resultan ser de **238 x 220 mm** con un **espesor de 45 mm**.

## MECANIZADO

En cuanto a los distintos agujeros a mecanizar, será necesario que disponga de **6 agujero pasantes de Ø9 mm** para la espiga de los tornillos ISO 10642 y **4 agujeros también pasantes de Ø8 mm** para los pasadores ISO 8734.

Como se ha mencionado anteriormente, esta placa tiene mecanizada con exactitud la forma, el tamaño de los punzones, pero esta **sección** únicamente es **uniforme durante** una distancia determinada que varía de 2 a 3 veces el espesor de la chapa llamada **vida de la matriz**. En este caso concreto, se ha seleccionado una vida de 3 veces el espesor de la chapa para asegurar que el corte de la pieza se produzca dentro de la sección uniforme, por lo que es de **6 mm**.

A partir de aquí, para **evitar el roce de las piezas cortadas** con la matriz y facilitar la salida de los retales, estos agujeros no son de sección uniforme, sino que se van ensanchando de arriba hacia abajo con un **ángulo de salida** que varía entre 1 y 3°. En este caso se ha seleccionado un ángulo de salida intermedio, es decir, **de 2 °** ya que al tratarse de secciones sin formas irregulares no debe de existir mayor inconveniente en la caída del retal.

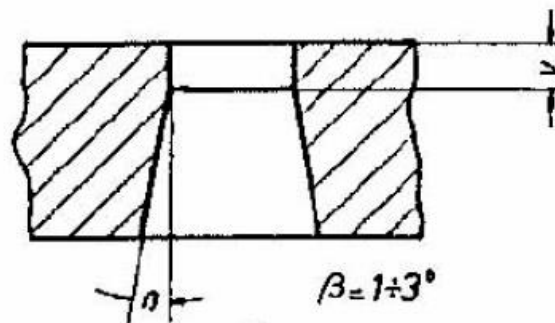


Figura 60. Vida y ángulo de salida de la placa matriz. Fuente: [2]

### 6.3. PORTAMATRICES

Este componente consta de un **conjunto** formado por la **placa base superior e inferior**.

#### MATERIAL

En cuanto al material, en ambas placas normalmente se emplean **aceros no demasiado duros**, por lo que se ha seleccionado el acero **F-1140**.

#### DIMENSIONES

Las dimensiones de las placas están sujetas a las normas clásicas como la **DIN 9866** y la **DIN 9867**, y se pueden encontrar en tablas suministradas por los fabricantes.

#### PORTAMATRICES SELECCIONADO

Para la correcta selección de este elemento **hay que tener en cuenta la superficie necesaria para poder colocar sin problemas la placa matriz y los demás elementos**.

Así pues, una vez conocidas las dimensiones mínimas requeridas para este elemento, el portamatrices seleccionado es el **modelo 2010.45.4020.1** del **proveedor FIBRO**, cuyas **medidas exteriores son de 400 x 250 mm** y su **superficie de trabajo de 250 x 250 mm**.



*Figura 61. Portamatrices seleccionado. Fuente: [11]*

### 6.3.1. Placa superior

Esta placa también conocida como contraplaca o placa freno, ya que tiene **dos misiones** claramente definidas:

1. **Sujetar toda la parte superior móvil** del troquel.
2. Hacer de **freno o apoyo de los punzones** en su esfuerzo de corte en caso de que no se empleen placas sufrideras. Sin embargo, en este caso sí que se disponen placas sufrideras.

### MECANIZADO

En la **CARA SUPERIOR**, va fijado el vástago, por lo que es necesario mecanizar **1 agujero roscado de M30**, mientras que, en su parte inferior, va fijada la placa sufridera superior, por lo que es necesario **6 agujeros de Ø18mm y 10,6 mm de profundidad** para la cabeza de los tornillos ISO 4762 y otros **6 agujeros de Ø11 mm pasantes y concéntricos a estos** para la espiga de estos.

También serán necesarios **4 agujeros pasantes de Ø8 mm** para insertar los pasadores ISO 8734, los cuales servirán tanto para posicionar los elementos correctamente como para unir los distintos componentes de la parte superior del troquel.

Además, será necesario mecanizar **12 agujeros de Ø25 mm y 36,75 mm de profundidad** para alojar la cabeza de las topes guía de los muelles y otros **12 agujeros pasantes de Ø17 mm** concéntricos a estos últimos para las espigas de estos.

Por último, para albergar los casquillos guía mediante los cuales será posible el movimiento de subida y de bajada del conjunto superior, es necesario mecanizar **2 agujeros de Ø48 mm**, los cuales ya vienen mecanizados por el fabricante.



En la **CARA INFERIOR**, también vienen mecanizados por el fabricante los **6 agujeros roscados de M6 y 20 mm de profundidad con 18 mm de profundidad de rosca** para los tornillos DIN 6912 que fijan el casquillo a la placa superior.

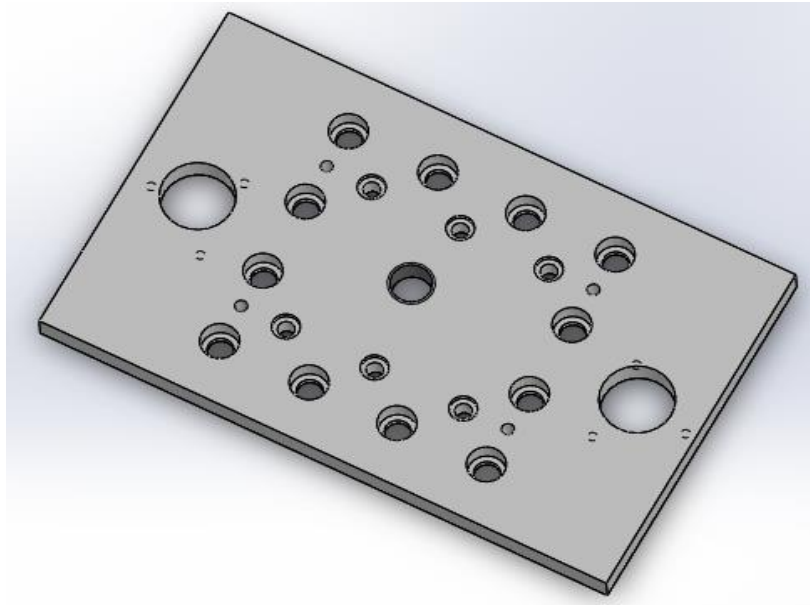


Figura 62. Placa superior. Fuente: Elaboración propia

### 6.3.2. Placa inferior

Por otro lado, la placa inferior **sirve de apoyo para el conjunto inferior del troquel**, y está sujeta en la mesa de la prensa.

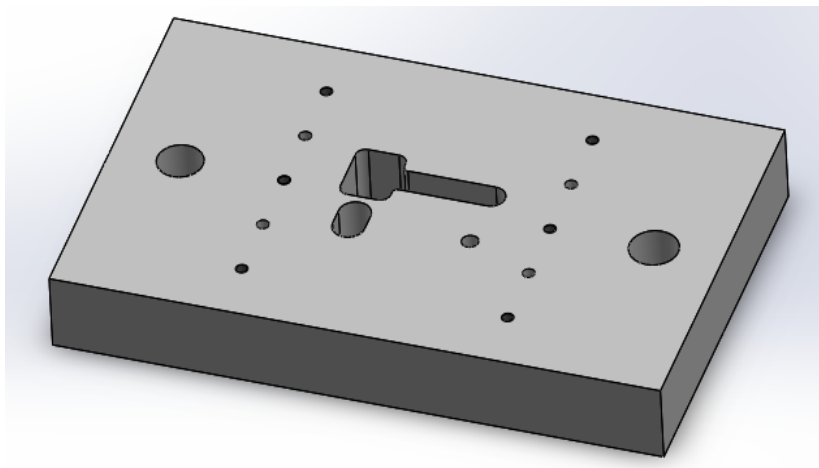


Figura 63. Placa inferior. Fuente: Elaboración propia

## MECANIZADO

En este caso, vienen mecanizados por el fabricante **1 agujero de Ø30 mm y otro de Ø32 mm** para las columnas guía. Esto es así, para poder colocar esta placa con la orientación correcta.

A su vez, será necesario mecanizar **6 agujeros roscados de M8** para los tornillos ISO 10642 y **4 agujeros de Ø8 mm** para los pasadores ISO 8734.

Por último, los **agujeros con la forma de los punzones deberán ser de dimensiones mayores a estos** para hacer posible la caída del retal generado en el corte de la chapa.

### 6.4. CASQUILLOS GUÍA

Estos elementos son unos cojinetes lisos que **permiten el desplazamiento de la parte superior del troquel** a lo largo de las columnas guía.

La elección de este elemento viene determinada por el portamatriz seleccionado anteriormente, por lo que el casquillo seleccionado también es del **proveedor FIBRO**, concretamente **modelo elegido es el 2081.35**, el cual está fabricado en **hierro sinterizado** de gran pureza y con engrase permanente.



*Figura 64. Casquillo guía seleccionado. Fuente: [12]*

## 6.5. COLUMNAS GUÍA

Estas columnas se encuentran **fijadas a las placas superior e inferior**, y dentro del troquel, actúan como **soporte estructural**.

Al igual que ocurre con los casquillos guía, su elección viene fijada por el portamatriz seleccionado anteriormente, por lo que en esta ocasión el proveedor también es **FIBRO**.

En cuanto a sus dimensiones, estas columnas tienen una **longitud de 280 mm**, y están fabricadas en **acero templado** superficial, rectificadas y lapeadas, y con una resistencia a tracción en su núcleo superior a los  $900 \text{ N/mm}^2$ .



*Figura 65. Columna guía seleccionada. Fuente: [12]*

## 6.6. MANGO O VÁSTAGO PORTAPUNZONES

El vástago es el elemento situado en la parte superior del troquel, el cual **sirve para unir la parte móvil del mismo con el cabezal de la prensa**. Esta sujeción se realiza por medio de un tornillo que se introduce en el agujero que lleva el cabezal de la prensa.

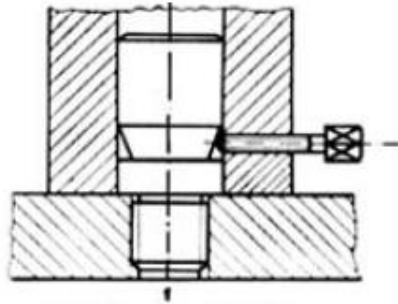


Figura 66. Sujeción del vástago a la prensa. Fuente: [1]

Cuando se trata de troqueles de grandes dimensiones, la placa superior en ocasiones va directamente atornillada al cabezal de la prensa.

### DIMENSIONES

En cuanto a su geometría, se trata de una pieza de forma cilíndrica con **dimensiones normalizadas según la norma DIN 9859**.

### VÁSTAGO SELECCIONADO

A partir de la potencia que debe de ejercer la prensa y según la norma DIN 9859 se determina la geometría del vástago de la siguiente forma:



### 6.6.1. Posición del vástago

Para conseguir el buen funcionamiento del troquel, el vástago **debe estar situado en la prolongación de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la parte superior del troquel**, de modo que el centro de aplicación del empuje coincida con el punto de aplicación de esta.

Para ello, se va a emplear el **Teorema de Varignon**, según el cual, las coordenadas del centro de gravedad donde debe ir colocado el vástago se obtienen a través de las siguientes ecuaciones:

$$\overline{X_{CG}} = \left( \frac{\sum \overline{X_i} \cdot L_i}{L_T} \right) \quad \overline{Y_{CG}} = \left( \frac{\sum \overline{Y_i} \cdot L_i}{L_T} \right)$$

Siendo:

- $\overline{X_i}$ : Posición del centro de gravedad de las líneas  $L_i$  en el eje X.
- $\overline{Y_i}$ : Posición del centro de gravedad de las líneas  $L_i$  en el eje Y.
- $L_i$ : Longitud de las líneas de corte de los punzones.
- $L_T$ : Longitud total de las líneas de corte

Así pues, se calcula la posición del **centro de gravedad de cada línea** que conforma los punzones con respecto a la esquina inferior izquierda de la placa base superior de la siguiente manera:

$$\overline{Punto} = \left( \frac{\text{Coordenada X}}{\text{Coordenada Y}} \right)$$

La situación de los diferentes puntos es la siguiente:

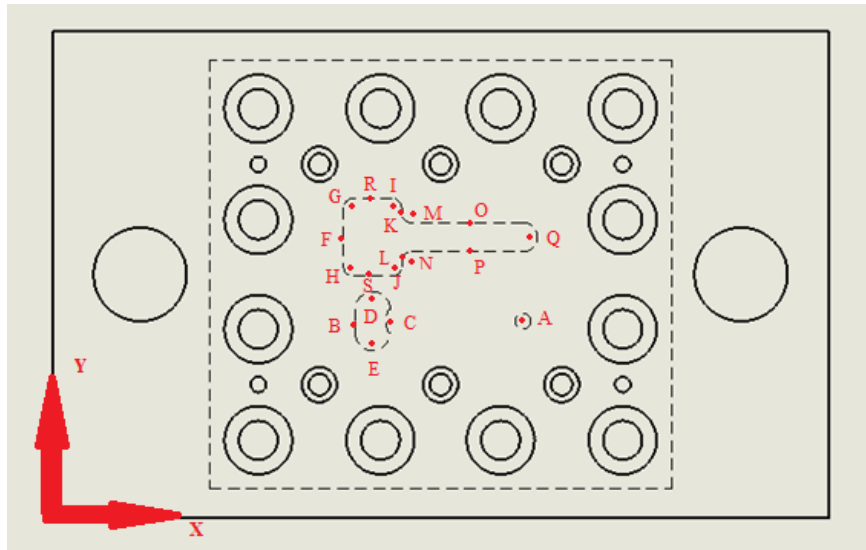


Figura 68. Situación de los centros de gravedad de las líneas que conforman los punzones. Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas de los distintos centros de gravedad y la longitud de las respectivas líneas de corte son las siguientes:

$$\bar{A} = \left( \frac{242,5}{101,05} \right) \rightarrow L = 25,13 \text{ mm} \quad \bar{B} = \left( \frac{156}{101,05} \right) \rightarrow L = 12,2 \text{ mm}$$

$$\bar{C} = \left( \frac{173,16}{101,05} \right) \rightarrow L = 13,55 \text{ mm} \quad \bar{D} = \left( \frac{165}{110,97} \right) \rightarrow L = 28,27 \text{ mm}$$

$$\bar{E} = \left( \frac{165}{91,13} \right) \rightarrow L = 28,27 \text{ mm} \quad \bar{F} = \left( \frac{150}{144,05} \right) \rightarrow L = 30 \text{ mm}$$

$$\bar{G} = \left( \frac{152,88}{161,17} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm} \quad \bar{H} = \left( \frac{152,88}{126,93} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm}$$

$$\bar{I} = \left( \frac{177,12}{161,17} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm} \quad \bar{J} = \left( \frac{177,12}{126,93} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm}$$

$$\bar{K} = \left( \frac{180}{157,8} \right) \rightarrow L = 2,5 \text{ mm} \quad \bar{L} = \left( \frac{180}{130,3} \right) \rightarrow L = 2,5 \text{ mm}$$

$$\bar{M} = \left( \frac{182,88}{154,3} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm} \quad \bar{N} = \left( \frac{182,88}{133,67} \right) \rightarrow L = 7,85 \text{ mm}$$

$$\bar{O} = \left( \frac{213,75}{151,55} \right) \rightarrow L = 57,5 \text{ mm} \quad \bar{P} = \left( \frac{213,75}{136,55} \right) \rightarrow L = 57,5 \text{ mm}$$

$$\bar{Q} = \left( \frac{245,68}{144,05} \right) \rightarrow L = 25,56 \text{ mm} \quad \bar{R} = \left( \frac{165}{164,05} \right) \rightarrow L = 20 \text{ mm}$$

$$\bar{S} = \left( \frac{165}{124,05} \right) \rightarrow L = 20 \text{ mm}$$

Sustituyendo los valores queda la siguiente ecuación:

$$\overline{C.G} = \left( \frac{\bar{A} \cdot 25,13 + \bar{B} \cdot 12,2 + \bar{C} \cdot 13,55 + (\bar{D} + \bar{E}) \cdot 28,27 + \bar{F} \cdot 30 + (\bar{G} + \bar{H} + \bar{I} + \bar{J} + \bar{M} + \bar{N}) \cdot 7,85 + (\bar{K} + \bar{L}) \cdot 2,5 + (\bar{O} + \bar{P}) \cdot 57,5 + \bar{Q} \cdot 23,57 + (\bar{R} + \bar{S}) \cdot 20}{368,12} \right) = \left( \frac{191,75}{132,27} \right)$$

Por tanto, las **coordenadas del punto donde debe ir situado el vástago** en la parte superior del troquel son las siguientes:

$$\overline{X_{CG}} = 191,75 \text{ mm}$$

$$\overline{Y_{CG}} = 132,27 \text{ mm}$$

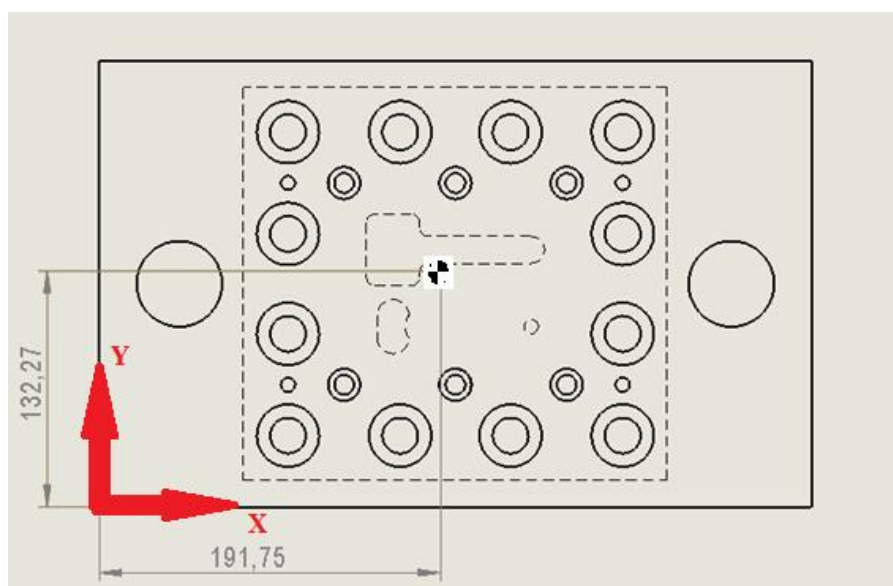


Figura 69. Situación del centro de gravedad donde debe ir colocado el vástago. Fuente: Elaboración propia



## 6.7. PLACA PORTAPUNZONES

Esta placa tiene sus **dos caras perfectamente paralelas** y está sujeta a la placa y a la sufridera superior por medio de tornillos y pasadores.

Además, en ella están situados los punzones, a los cuales sujeta y guía con el fin de **eliminar los efectos del pandeo**.

### MATERIAL

En cuanto al material, para su fabricación normalmente se emplea el mismo acero que para la parte superior del troquel, es decir, **acero F-1140**

### DIMENSIONES

Dado que el objetivo principal de esta placa es evitar el pandeo de los punzones, es necesario que su **espesor** esté **en función de la longitud máxima del punzón**, y que el **ajuste** entre los punzones y la placa sea el **correcto**, ya que esto es un factor fundamental para lograr el buen funcionamiento del troquel. En este caso, el **espesor** seleccionado es de **18 mm**, por lo que sus dimensiones finales son **238 x 220 x 18 mm**.

### MECANIZADO

En cuanto a los agujeros a mecanizar, en la **CARA SUPERIOR** se realizarán **12 agujeros pasantes de Ø17 mm** para permitir el paso de la espiga de los topes guía, **6 agujeros roscados de M10** para los tornillos ISO 47625, **4 agujeros de Ø8mm** para los pasadores ISO 8734 y **agujeros con la forma de los punzones**.

En cuanto a estos últimos, se **realizará un rebaje de 10 mm** con un perímetro exterior ligeramente superior para alojar la cabeza de estos.

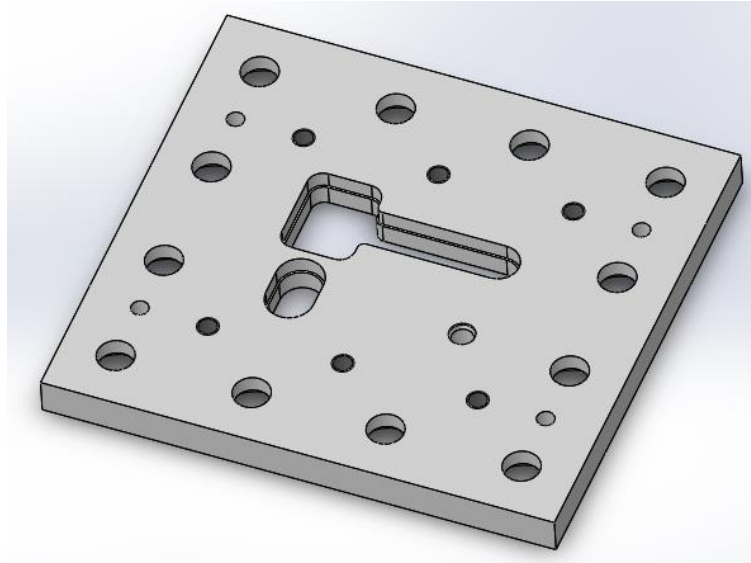


Figura 70. Cara superior de la placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la **CARA INFERIOR**, se realizarán **12 agujeros de Ø32 mm** y una **profundidad de 9,75 mm** para alojar la parte superior de los muelles

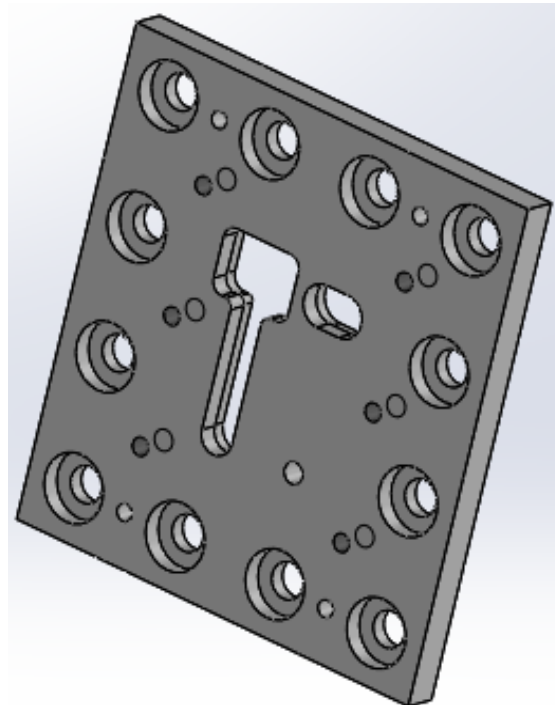


Figura 71. Cara inferior de la placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia

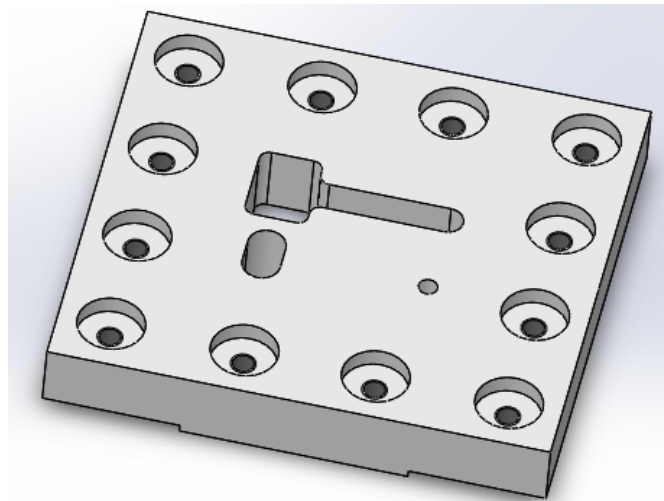
## 6.8. PLACA GUÍA DE LOS PUNZONES

También conocida como placa extractora, tiene **tres misiones** diferenciadas:

1. **Guiar a los punzones** durante su recorrido.
2. **Desprender el retal de material** que ha quedado **adherido** en los punzones durante la carrera de vuelta.
3. **Sujetar la banda de chapa** en el proceso de corte.

Esta placa tiene sus dos **caras paralelas** y posee los mismos agujeros y con la misma disposición que la placa matriz.

Además, el **ajuste** entre esta placa y los punzones debe de permitir el **deslizamiento** de los punzones a través de la placa, ya que de esto dependerá el correcto funcionamiento del troquel.



*Figura 72. Placa guía de punzones. Fuente: Elaboración propia*

## MATERIAL

El material más adecuado para este componente es el **acero al carbono sin temprar F-1140**, ya que se trata de un acero fácil de mecanizar.

## **DIMENSIONES**

Las **dimensiones exteriores** deben coincidir con las de la placa matriz, y su **espesor**, normalmente sigue la siguiente aproximación:

$$\text{Espesor} = 0,4 \cdot \text{altura punzón} = 0,4 \cdot 85 \text{ mm} = \mathbf{34 \text{ mm}}$$

Sin embargo, es necesario realizar un resalte en la parte central para conseguir el pisado de la chapa, por lo que el espesor total es de 38 mm, haciendo unas **dimensiones exteriores de 238 x 220 x 38 mm**.

## **MECANIZADO**

En cuanto a los agujeros a mecanizar, será necesario realizar **12 agujero de Ø32 mm** a una profundidad de 9,75 mm para alojar la parte inferior de los muelles y otros **12 agujeros roscados de M12** concéntricos a estos últimos para permitir la sujeción de los topes guía en la placa guía de punzones. Por otra parte, **se mecanizarán los agujeros con la forma de los punzones** con una holgura adecuada que permita un correcto deslizamiento de estos por el interior de la placa

### **6.9. PLACAS SUFRIDERAS**

Debido a los distintos esfuerzos a los que son sometidos los punzones en el proceso de corte de la chapa, existe la posibilidad de que los estos se claven y penetren la placa superior del troquel.

Además, la placa inferior del troquel también sufre impactos debido a los golpes de la prensa.

Por ello, normalmente se utilizan placas auxiliares de mayor resistencia que **absorben** estos **impactos**, y son conocidas como placas sufrideras.

## **MATERIAL**

Debido a la función que realizan estas placas dentro del troquel se necesita una buena **tenacidad y resistencia al impacto**, por lo que el acero **F-5229** es el adecuado para estos requerimientos.

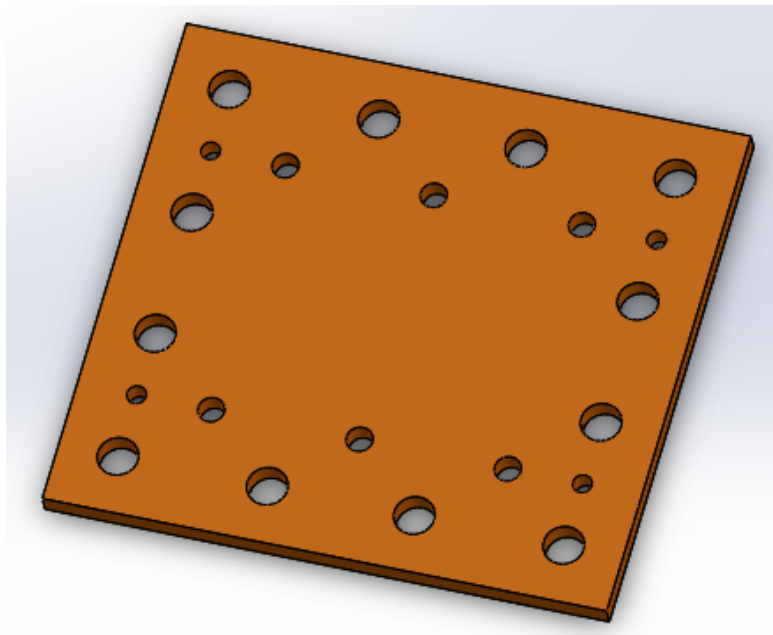
### **6.9.1. Sufridera superior**

## **DIMENSIONES**

Esta placa tiene unas **dimensiones exteriores 238 x 220 x 10 mm** y está **colocada entre la placa superior del troquel y la placa portapunzones**.

## **MECANIZADO**

Además, tiene mecanizados **12 agujeros de Ø17 mm** para permitir el paso a su través de los topes que sirven de guía para los muelles, **6 agujeros pasantes Ø11 mm** para los tornillos ISO 4762 y **4 agujeros de Ø8 mm** para los pasadores ISO 8734.



*Figura 73. Placa sufridera superior. Fuente: Elaboración propia*

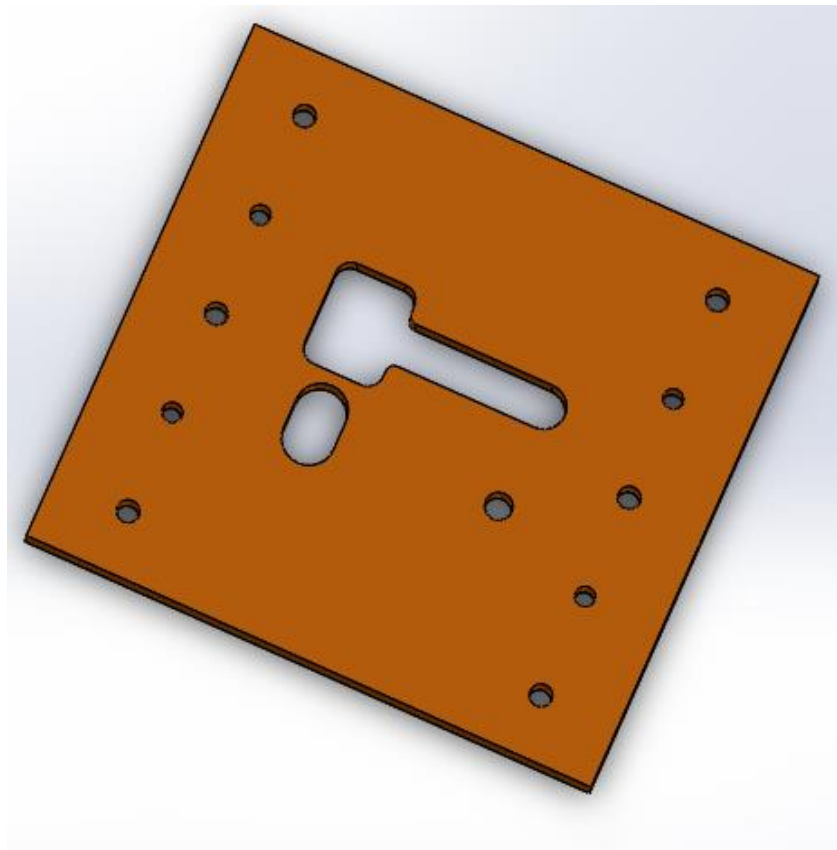
### 6.9.2. Sufridera inferior

#### DIMENSIONES

Al igual que la sufridera superior, esta placa tiene unas **dimensiones exteriores 238 x 220 x 10 mm**, pero en esta ocasión, está **colocada entre la placa inferior del troquel y la placa matriz**.

#### MECANIZADO

En cuanto a los agujeros que deben mecanizarse, debe de tener **6 agujeros pasantes de Ø9 mm** para los tornillos ISO 10642, **4 agujeros de Ø8 mm** para los pasadores ISO 8734, y **agujeros con la forma de los punzones, pero con unas dimensiones superiores** para facilitar la caída del retal producido en el corte.



*Figura 74. Placa sufridera inferior. Fuente: Elaboración propia*

## 6.10. SISTEMA DE GUIADO

Su misión es conducir la chapa bien alineada por encima de la matriz de corte, y existen **dos formas de conseguir este propósito**:

1. Realizar un **rebaje en la placa guía de punzones** con la anchura y altura de la chapa.
2. **Adoptar la anchura y altura de la chapa con dos pletinas** sujetas con los mismos tornillos que unen la placa guía de punzones a la placa matriz.

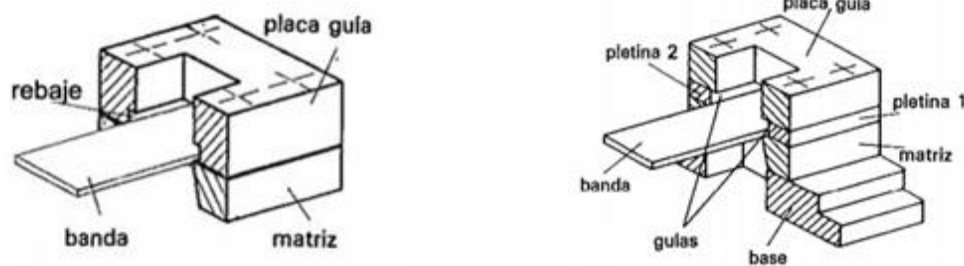


Figura 75. Formas de guiar la chapa. Fuente: [2]

En este caso se va a utilizar la **segunda forma de guiado** de la chapa porque se consigue un mejor guiado y por ello, una mayor precisión.

## MATERIAL

Los distintos componentes que van a conformar el sistema de guiado necesitan estar fabricados en un material que sea **resistente al desgaste**, por lo que el material seleccionado es el **acero F-5229**.

## **TRATAMIENTO TÉRMICO**

Los elementos de guiado están sometidas a efectos de fricción debido al avance de la banda de chapa a través del troquel. Por ello, con el fin de reducir el desgaste de estos componentes se van a someter a un proceso de temple y revenido.

Concretamente, se realizará un **temple** calentando los componentes a 790 °C (temperatura de austenización del material) para su posterior enfriamiento en aceite hasta una temperatura de 180°C.

Por último, se realizará un **revenido** volviendo a calentarlos a 300°C para obtener una dureza de 54-56 HRc.

## **DIMENSIONES**

Al adoptar este sistema de guiado, las dimensiones que hay que determinar son la altura, la anchura, y la longitud **de la cajera por donde va a circular la chapa**.

- ALTURA: debe ser 3 veces el espesor de la chapa, por tanto:

$$Altura = 3 \cdot e = 3 \cdot 2 = 6 \text{ mm}$$

- ANCHURA: es la distancia interior existente entre las pletinas que guían la chapa, y debe ser igual a la anchura de la banda a cortar más una pequeña holgura que asegure un movimiento de avance suave.

Para ello, la separación interior que debe de existir entre las pletinas debe ser la anchura del fleje más una holgura igual a dos veces el espesor de la chapa, por tanto:

$$Anchura = Ancho \text{ fleje} + 2 \cdot e = 106 + 2 \cdot 2 = 110 \text{ mm}$$



- LONGITUD: para conseguir un mejor guiado, las pletinas van a sobresalir hacia al lado de entrada de material, teniendo una longitud total de 1,5 veces la longitud de la matriz, por tanto:

$$\text{Longitud} = 1,5 \cdot L_{\text{matriz}} = 1,5 \cdot 220 \text{ mm} = \mathbf{330 \text{ mm}}$$

Además, dado que la longitud de las pletinas va a ser superior a la longitud de la matriz, se van a colocar dos tornapuntas.

Una vez determinadas las dimensiones de la cajera, hay que tener en cuenta las dimensiones individuales de los elementos que van a conformar el sistema de guiado para cumplir con las dimensiones establecidas.

#### **6.10.1. Pletinas**

##### **DIMENSIONES**

Una vez determinada la anchura que debe tener la cajera, la anchura de las pletinas debe ser **suficiente como para albergar los distintos elementos de sujeción** que van a unirlos al resto de elementos que conforman el troquel. Por ello, se ha decidido que la anchura de estas sea tal que la anchura del sistema de guiado coincida con la anchura de la placa matriz.

Además, en cada pletina se ha realizado un **chaflán de 45°** en la esquina próxima a la banda de material con el fin de facilitar su entrada en el sistema de guiado.

Finalmente, las **dimensiones exteriores** de las pletinas son de **330 x 64 x 6 mm**.

##### **MECANIZADO**

En cada una de ellas es necesario realizar **3 agujeros avellanados a 90°** para albergar la cabeza de los tornillos de M8 ISO 10642, **dos agujeros pasantes de Ø8 mm** para ajustar los pasadores de ISO 8734 y **un agujero pasante de Ø5,5 mm** para los tornillos ISO 10642.

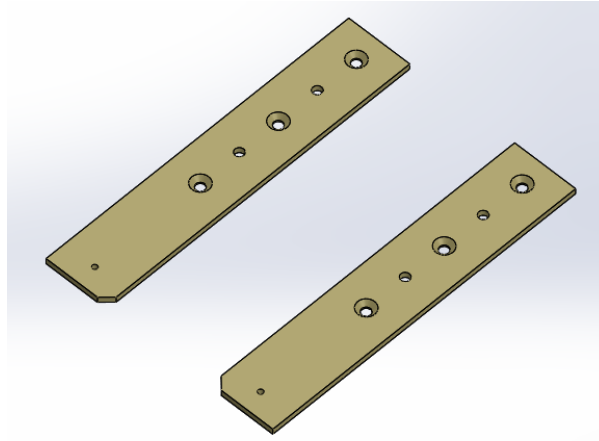


Figura 76. Pletinas laterales. Fuente: Elaboración propia

### 6.10.2. Tornapuntas

#### DIMENSIONES

En cuanto a las tornapuntas, ambas tienen unas **dimensiones exteriores de 238 x 40 x 6 mm.**

#### MECANIZADO

Además, la **superior** debe de tener **dos agujeros avellanados a 90°** para albergar la cabeza de los tornillos de M5 ISO 10642, mientras que la **inferior** debe tener **dos agujeros roscados y pasantes de M5** para realizar la correcta sujeción de las pletinas y las tornapuntas mediante los tornillos mencionados.

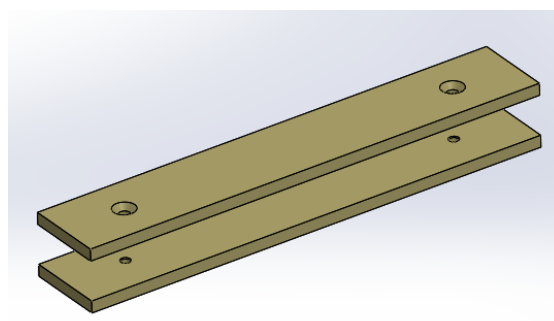


Figura 77. Tornapuntas. Fuente: Elaboración propia

## 6.11. MUELLES

Estos elementos se utilizan para la **extracción y expulsión del retal** que se encuentra alrededor de los punzones. Esta extracción se realiza por la presión axial que ejercen los muelles sobre la placa guía de punzones en el momento que los punzones vuelven a subir a su posición inicial una vez realizado el corte.

Además, producen un **efecto de prensado** que sujeta la parte exterior de la chapa, por lo que se consigue un **corte más limpio**.

Por tanto, para el cálculo de los muelles necesarios es necesario considerar la fuerza de extracción necesaria para separar el retal de los punzones que ya se ha calculado en apartados anteriores ( $F_{ext}=40,493 \text{ kN}$ )

De este modo, la fuerza de extracción se repartirá entre el número de muelles empleados, que en este caso son 12, por lo que:

$$F_{muelle} = \frac{F_{ext}}{n^{\circ} \text{ muelles}} = \frac{40493,2 \text{ N}}{12} = \mathbf{3374,433 \text{ N}}$$

A continuación, es necesario conocer el **recorrido a compresión** que van a sufrir los muelles en su estado de trabajo, que será la distancia máxima que recorran los punzones desde que comienzan a comprimir la chapa hasta el punto más bajo de la vida de la matriz, sumado a la precarga del muelle recomendada por el fabricante.

En este caso concreto, debido a la distancia existente entre la placa portapunzones y la placa guía de punzones se ha decidido que la **longitud en reposo del muelle sea de 51mm**, y dado que el **proveedor FIBRO** recomienda una precarga del 5%, el recorrido del muelle a compresión resulta de:

$$\Delta_x = \text{precarga} + \text{espesor} + \text{vida} = (0,05 \cdot 51\text{mm}) + 2\text{mm} + 6\text{mm} = \mathbf{10,55 \text{ mm}}$$

Finalmente, una vez conocida la fuerza de extracción de cada muelle y su recorrido a compresión, se puede elegir el muelle comercial adecuado según su constante elástica (k):

$$F_{muelle} = k \cdot \Delta_x \rightarrow k = \frac{F_{muelle}}{\Delta_x} = \frac{3374,433 \text{ N}}{10,55 \text{ mm}} = 319,85 \text{ N/mm}$$

Por tanto, los **muelles seleccionados** son de tipo helicoidal y fabricados exclusivamente en acero especial con aleación de cromo. Concretamente son los **ISO 10243 modelo 241.17.32.051**, con las siguientes dimensiones y características principales:

	PARÁMETROS IMPORTANTES
Diámetro del casquillo que alberga el muelle (mm)	32
Diámetro del perno guía interior (mm)	16
Longitud en reposo (mm)	51
Precarga (%)	5
Constante elástica (N/mm <sup>2</sup> )	353

Tabla 10. Parámetros importantes de los muelles seleccionados. Fuente: Elaboración propia



Figura 78. Muelle seleccionado. Fuente: [14]

## 6.12. TROQUEL RESULTANTE

Una vez explicados todos los componentes que conforman el troquel, el resultado final del conjunto es el siguiente:

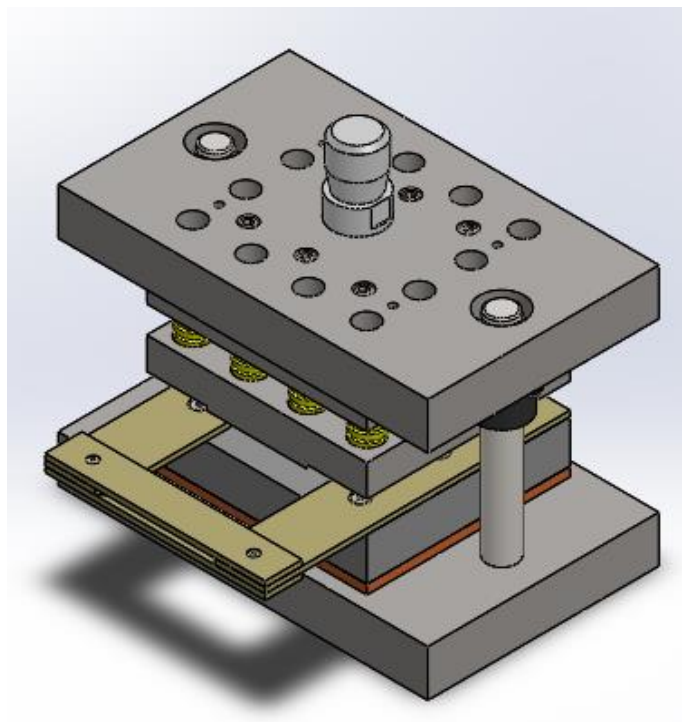


Figura 79. Vista isométrica del troquel. Fuente: Elaboración propia

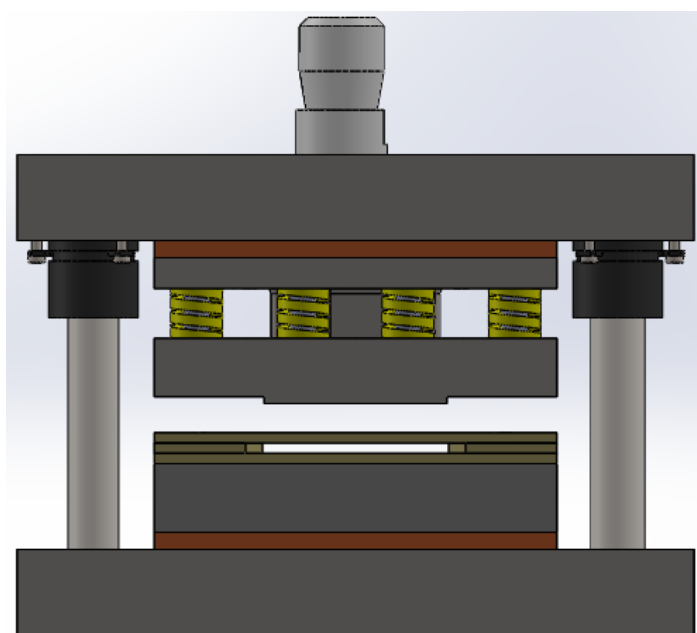


Figura 80. Vista frontal del troquel. Fuente: Elaboración propia

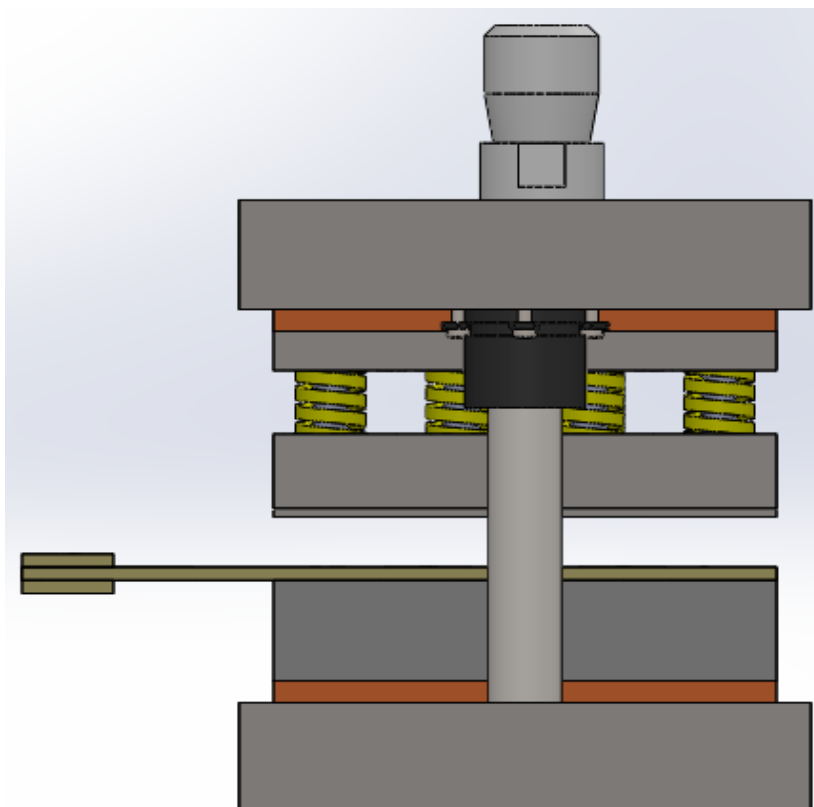


Figura 81. Vista lateral del troquel. Fuente: Elaboración propia

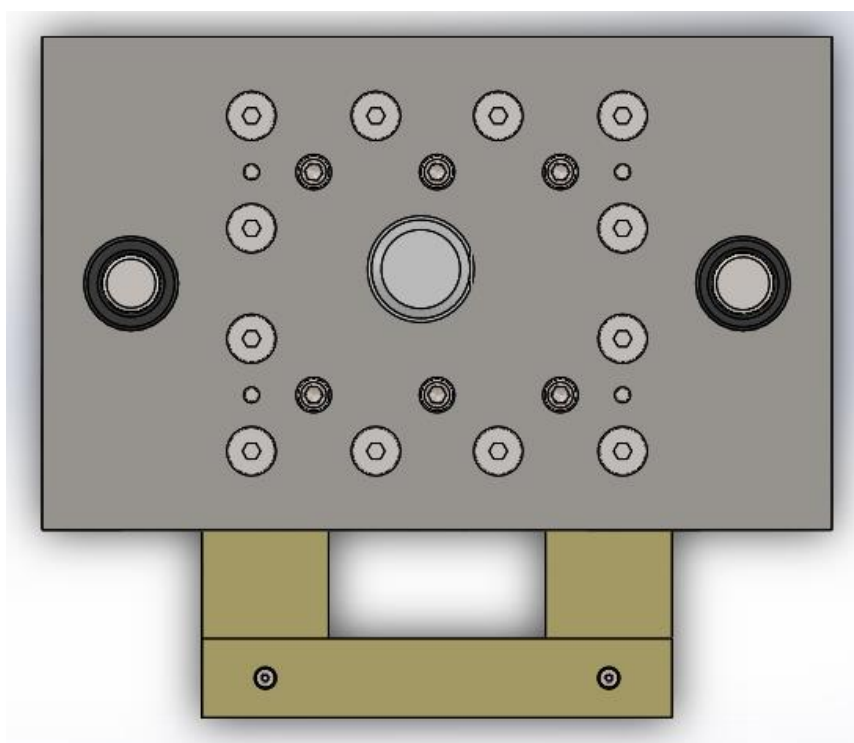


Figura 82. Vista en planta del troquel. Fuente: Elaboración propia

## 7. UNIONES DE LOS COMPONENTES

A continuación, se van a describir las distintas uniones realizadas entre los distintos componentes que conforman el troquel. Para ello, se van a emplear imágenes de secciones del troquel, por lo que en ellas no aparecen todos los elementos que conforman la unión. Por tanto, **para una mejor comprensión de este apartado es conveniente ver las distintas imágenes del troquel completo en el apartado 6.12.**

### 7.1. PORTAMATRICES

La placa superior e inferior que conforman el portamatrices, están unidas mediante los **casquillos y columnas guía**. A su vez, el casquillo guía está atornillado a la placa superior mediante **6 tornillos de cabeza cilíndrica de M6 y 25 mm de longitud**, mientras que las columnas guía están introducidas directamente en la placa inferior y en los casquillos guía.

Por último, el **vástago** que une la placa superior con el cabezal de la prensa está **atornillado en la placa superior**.

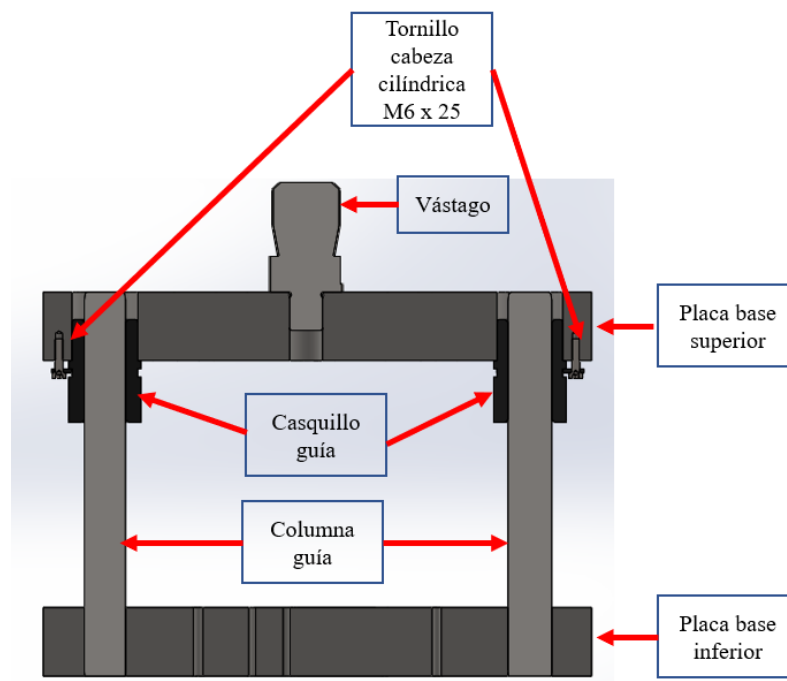


Figura 83. Uniones del portamatrices. Fuente: Elaboración propia

## 7.2. PARTE SUPERIOR DEL TROQUEL

La unión de la placa base superior, la sufridera superior y la placa portapunzones se realiza mediante 6 **tornillos de cabeza cilíndrica de M10 y 65 mm de longitud** y 4 **pasadores cilíndricos de Ø8 mm y 70 mm de longitud**. De esta forma, se consigue fijar y centrar los distintos elementos entre sí.

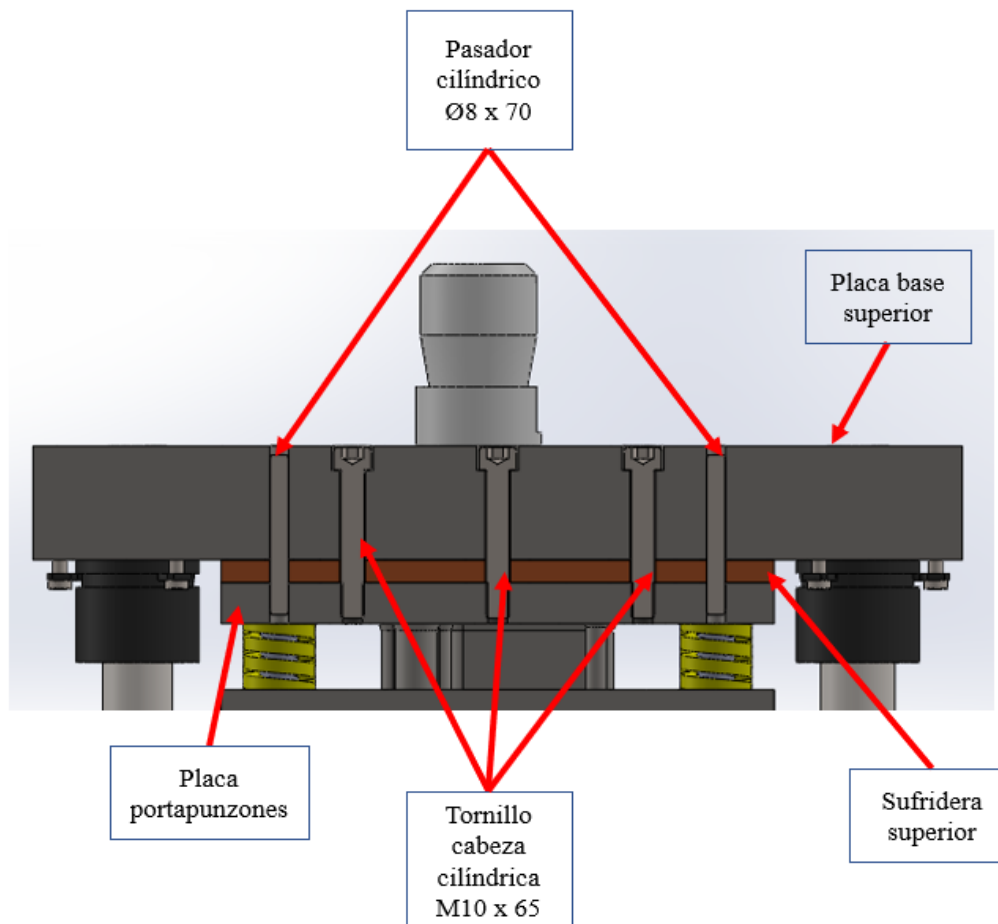


Figura 84. Unión placa base superior-sufridera superior-placa portapunzones. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la placa guía de punzones, está unida a la placa base superior mediante los **12 topes** que guían a los muelles. Estos topes guía tienen las cabezas apoyadas en la placa base superior, mientras que van roscadas a la placa guía de punzones consiguiendo una perfecta fijación.



Además, como puede observarse en la imagen, los muelles van colocados entre las cavidades existentes en la placa portapunzones y la placa guía de punzones, aunque éstos no requieren de ninguna unión específica, sino que se valen de la unión de los topes guía.

Por tanto, al igual que ocurre con los topes guía, son necesarios **12 muelles**.

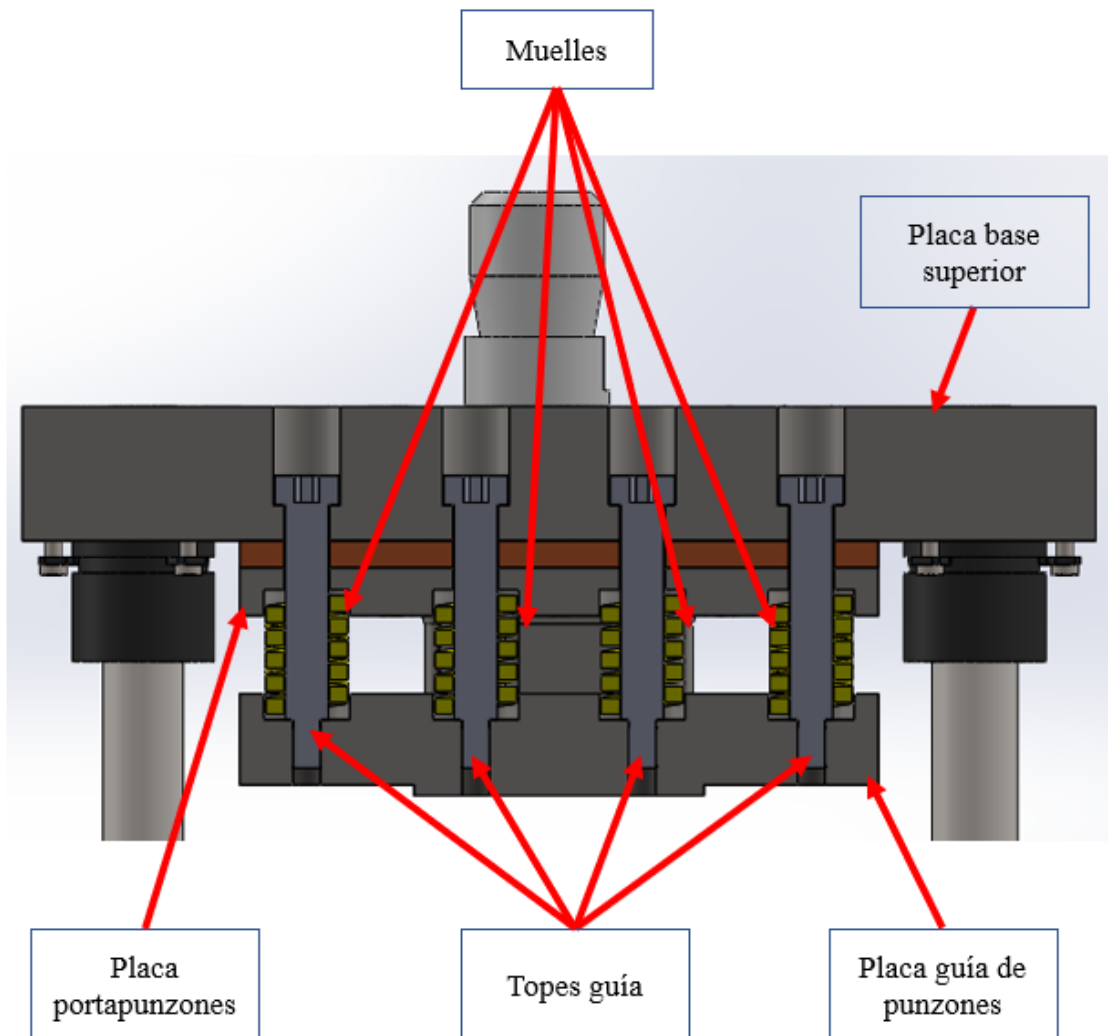


Figura 85. Unión placa base superior-placa guía de punzones. Fuente: Elaboración propia

### 7.3. PARTE INFERIOR DEL TROQUEL

La unión de la placa base inferior, la sufridera inferior, placa matriz y pletinas laterales se realiza mediante **6 tornillos de cabeza cónica de M8 y 100 mm de longitud** y **4 pasadores cilíndricos de Ø8 mm y 100 mm de longitud**. De esta forma, se consigue fijar y centrar los distintos elementos entre sí.

En cuanto a la unión de las tornapuntas con las pletinas laterales, esta se realiza mediante **2 tornillos de cabeza cónica de M5 y 16 mm de longitud**.

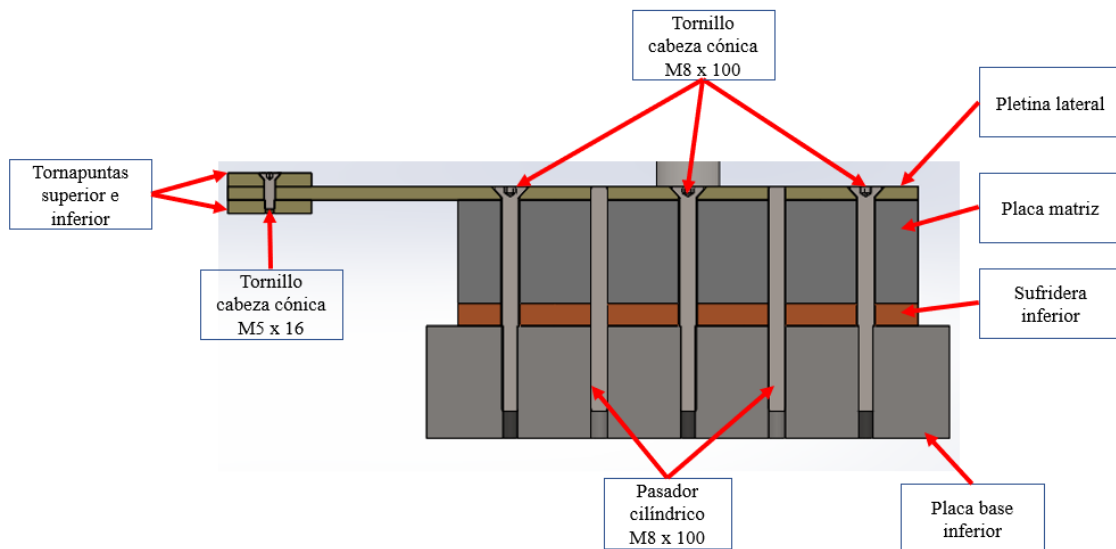


Figura 86. Uniones de los componentes del conjunto inferior del troquel. Fuente: Elaboración propia

#### 7.4. RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DE UNIÓN

Hasta ahora, se han mencionado distintos elementos de unión, con diferentes métricas y longitudes, por lo que a continuación se adjunta una tabla resumen con el fin de identificar y contabilizar el tipo y número de elementos empleados:

ELEMENTOS DE UNIÓN				
Nombre	Norma	Dimensiones (mm)	Número de elementos	Proveedor
Vástago	DIN ISO 10242-1	M30	1	FIBRO
Casquillo guía	ISO 9448-6	Øint 30 y Øint 32	2	FIBRO
Columna guía	DIN 9825/ISO 9182-2	Ø30 y Ø32	2	FIBRO
Muelle helicoidal	DIN ISO 10243	Øext 32 y L=51	12	FIBRO
Tope guía	ISO 7379	M12 x 80	12	ROYME
Tornillo ALLEN cabeza cilíndrica	DIN EN ISO 4762	M10 x 65	6	FIBRO
Tornillo ALLEN cabeza cilíndrica	DIN 6912	M6 x 25	6	FIBRO
Tornillo ALLEN cabeza cónica	ISO 10642	M5 x 16	2	FIBRO
Tornillo ALLEN cabeza cónica	DIN 7991 o ISO 10642	M8 x 100	6	WASI
Pasador cilíndrico	DIN EN ISO 8734	Ø8 x 70	4	FIBRO
Pasador cilíndrico	DIN EN ISO 8735	Ø8 x 100	4	FIBRO

Tabla 11. Elementos de unión empleados. Fuente: Elaboración propia

Además, se adjuntan imágenes de los elementos de unión para poder identificarlos de mejor forma:



*Figura 87. Tornillos DIN EN ISO 4762 y DIN 6912. Fuente: [13]*



*Figura 88. Tornillo ISO 10642. Fuente: [13]*



Figura 89. Pasador cilíndrico DIN EN ISO 8734. Fuente: [15]



Figura 90. Tornillo ISO 10642. Fuente: [16]

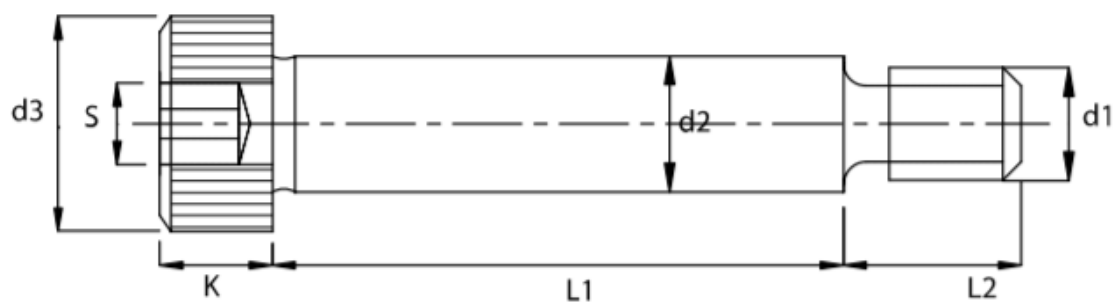


Figura 91. Tope guía. Fuente: [17]

## 8. ANÁLISIS MEDIANTE FEM

A continuación, se va a realizar una serie de simulaciones mediante FEM (Método de los Elementos Finitos), gracias al cual **se podrán obtener conclusiones acerca del comportamiento real de los cuerpos** objeto de análisis. Estas simulaciones se realizarán con el programa Marc Mentat.

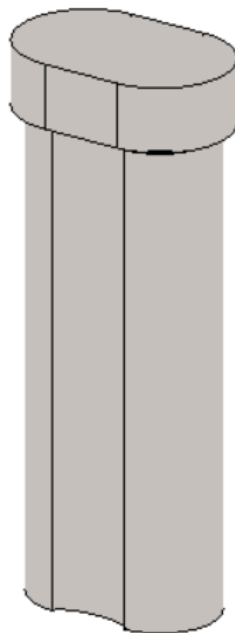
### 8.1. TENSIONES QUE SUFREN LOS PUNZONES

La primera simulación que se va a realizar es para el estudio del comportamiento de los **punzones que efectúan los orificios interiores del abrebotellas**, ya que, al tener las secciones más pequeñas, serán más susceptibles a sufrir tensiones más elevadas.

#### 8.1.1. Punzón interior 1

##### ➤ IMPORTACIÓN DEL PUNZÓN A MARC MENTAT

Una vez diseñado el punzón en SolidWorks, el siguiente paso es importar la geometría 3D a Marc Mentat en formato Parasolid.



*Figura 92. Punzón interior 1 importado a Marc Mentat*

## ➤ GENERACIÓN DE LA MALLA

A continuación, se ha realizado un mallado tetraédrico con un **tamaño de elemento de 1,5 mm**, lo que ha dado lugar a una malla formada por 7.974 nodos y 35.363 elementos.

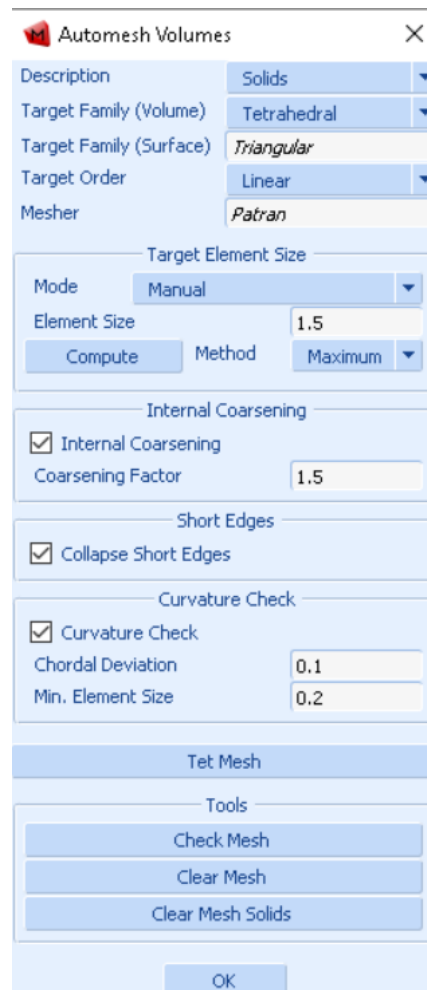


Figura 93. Mallado realizado en simulación punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia

## ➤ INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

El siguiente paso es introducir el material del punzón, el cual será el mismo para los dos punzones. Las propiedades de este son las siguientes:

	PROPIEDADES ACERO F-5229
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	7610
Módulo elasticidad (MPa)	210000
Coefficiente poisson	0,28
Límite elástico (MPa)	1750
Resistencia última (MPa)	1930

Tabla 12. Propiedades del acero F-5229. Fuente: Elaboración propia

Para realizar la simulación, se creará un **material estándar de tipo estructural** donde los únicos parámetros necesarios son el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson, ya que en los **casos estáticos el término de la densidad desaparece de la ecuación de comportamiento**. Para terminar, se aplicará el material a todos los elementos existentes.

Figura 94. Propiedades de material a introducir. Fuente: Elaboración propia

## ➤ CONDICIONES DE CONTORNO

A continuación, se han introducido las condiciones de contorno, es decir, las **sujeciones y fuerzas** que va a experimentar el punzón.



- **Sujeciones**

Las sujeciones van a estar situadas **en la cabeza del punzón**, ya que es la parte que va a estar fija debido a que está introducida en la placa portapunzones. Además, durante el punzonado también va a estar influenciado por la placa sufridera, por lo que se distinguen las siguientes restricciones de los desplazamientos:

1. Para simular la **influencia de la sufridera**, se han **restringido los desplazamientos en el eje Y** de los nodos de la cara superior del punzón.
2. Para simular la **influencia de la placa portapunzones** en la parte central, se han **restringido los desplazamientos en los ejes X y Z**.
3. Para simular la **influencia de la placa portapunzones** en la parte con forma de semicircunferencia, se han realizado una transformación de sistema cartesiano a sistema cilíndrico y se han **restringido los desplazamientos en los ejes X e Y**.

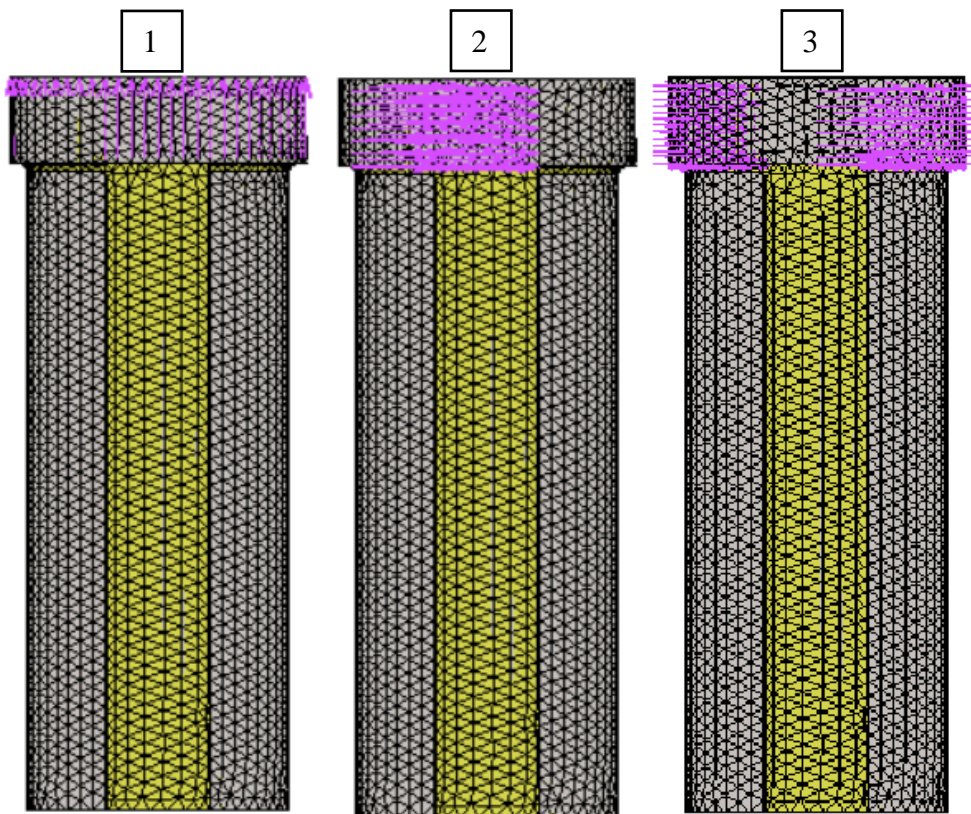


Figura 95. Sujeciones punzón interior1. Fuente: Elaboración propia

- **Fuerzas**

Dado que el punzón le hace una fuerza a la chapa para producir su corte, esta le hará una fuerza igual y de sentido opuesto al punzón, por lo que la base del punzón estará sometida a una **fuerza compresiva** de valor **igual a la fuerza de corte** del punzón (90.530 N) dividido **entre el número de nodos** sobre los que se aplica la fuerza.

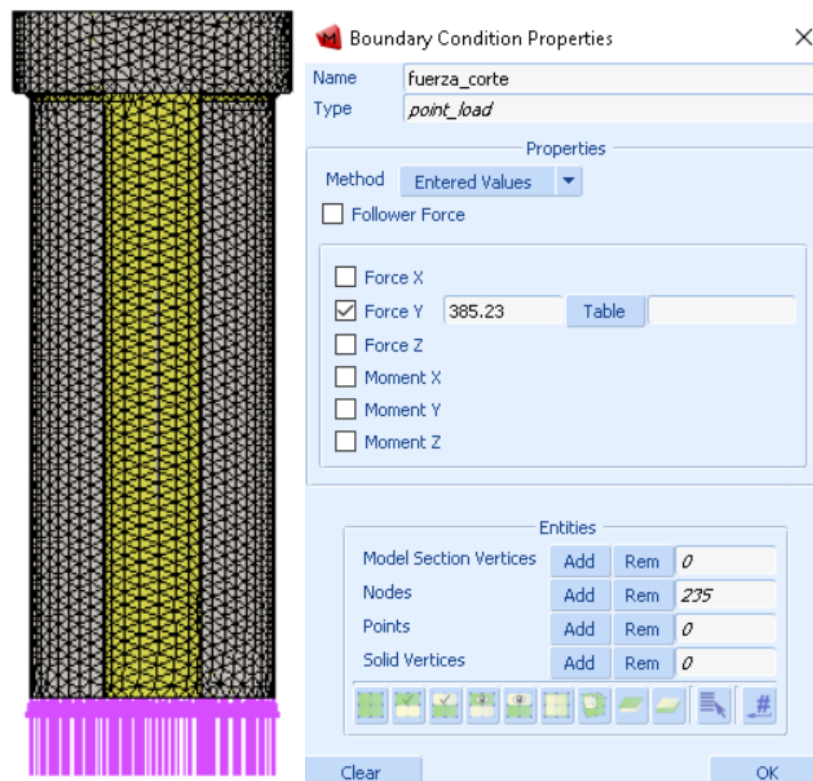


Figura 96. Fuerza aplicada al punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia

➤ **CASO DE CARGA**

Por último, se crea un caso de carga (loadcase) **estático, estructural** y que se resuelva en **un único** paso.

Es importante **activar en la casilla de “Loads” todas las sujeciones y fuerzas** creadas con anterioridad para que se tengan en cuenta en la simulación.

Figura 97. Creación del “Loadcase” en simulación punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia

## ➤ JOB

Por último, se crea un job estructural seleccionando tanto el caso de carga como las sujeciones y fuerzas creadas anteriormente y se piden los resultados de **tensión de Von Mises**.

## ➤ RESULTADOS

Una vez realizada la simulación, los resultados obtenidos son los siguientes:

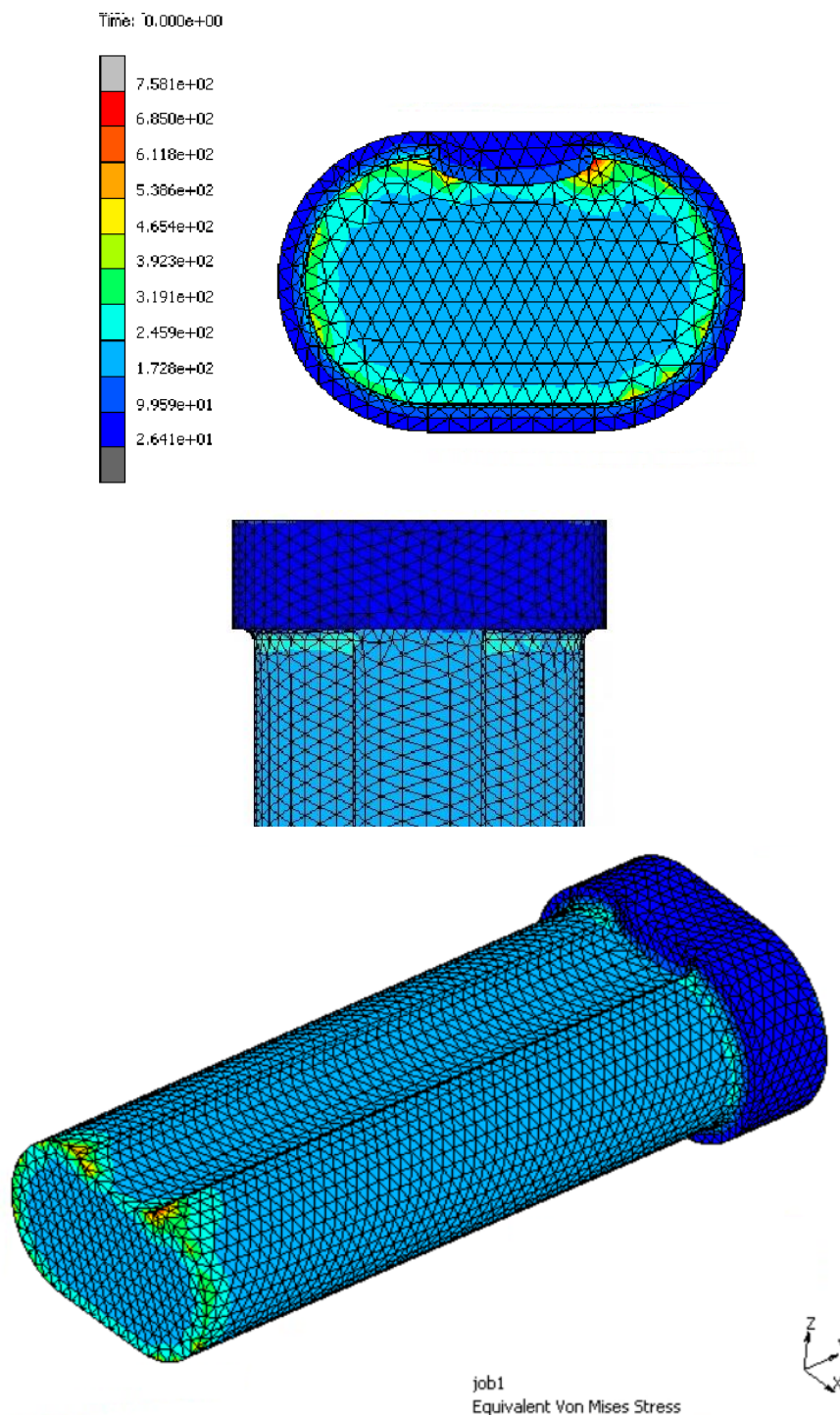


Figura 98. Tensiones Von Mises punzón interior 1. Fuente: Elaboración propia

➤ CONCLUSIONES

Como puede observarse en las imágenes, **las mayores tensiones se dan en el perímetro exterior de la base del punzón.**

Además, se produce una pequeña concentración de tensiones en el radio de acuerdo entre la transición de la cabeza del punzón y la parte activa de este.

Analizando el valor de las tensiones, se observa que las tensiones más elevadas **no superan el límite elástico del material**, por lo que el coeficiente de seguridad resulta:

$$c. s = \frac{1750}{758.1} = 2,308$$

Sin embargo, estas tensiones se dan en la zona de transición de la semicircunferencia a la elipse de la base del punzón, por lo que se va a estudiar una solución que mejore la situación actual.

➤ SOLUCIÓN ADOPTADA

A la vista de los resultados, **se va a realizar un redondeo de 2 mm** en la zona de transición de la semicircunferencia a la elipse con el objetivo de reducir la concentración de tensiones generada en esa zona.

Las sujeciones y aplicación de fuerzas se realizan como en al caso anterior, pero en este caso el mallado se hace con un **tamaño de elemento de 1mm.**

Los **resultados** obtenidos de la **tensión de Von Mises** son los siguientes:



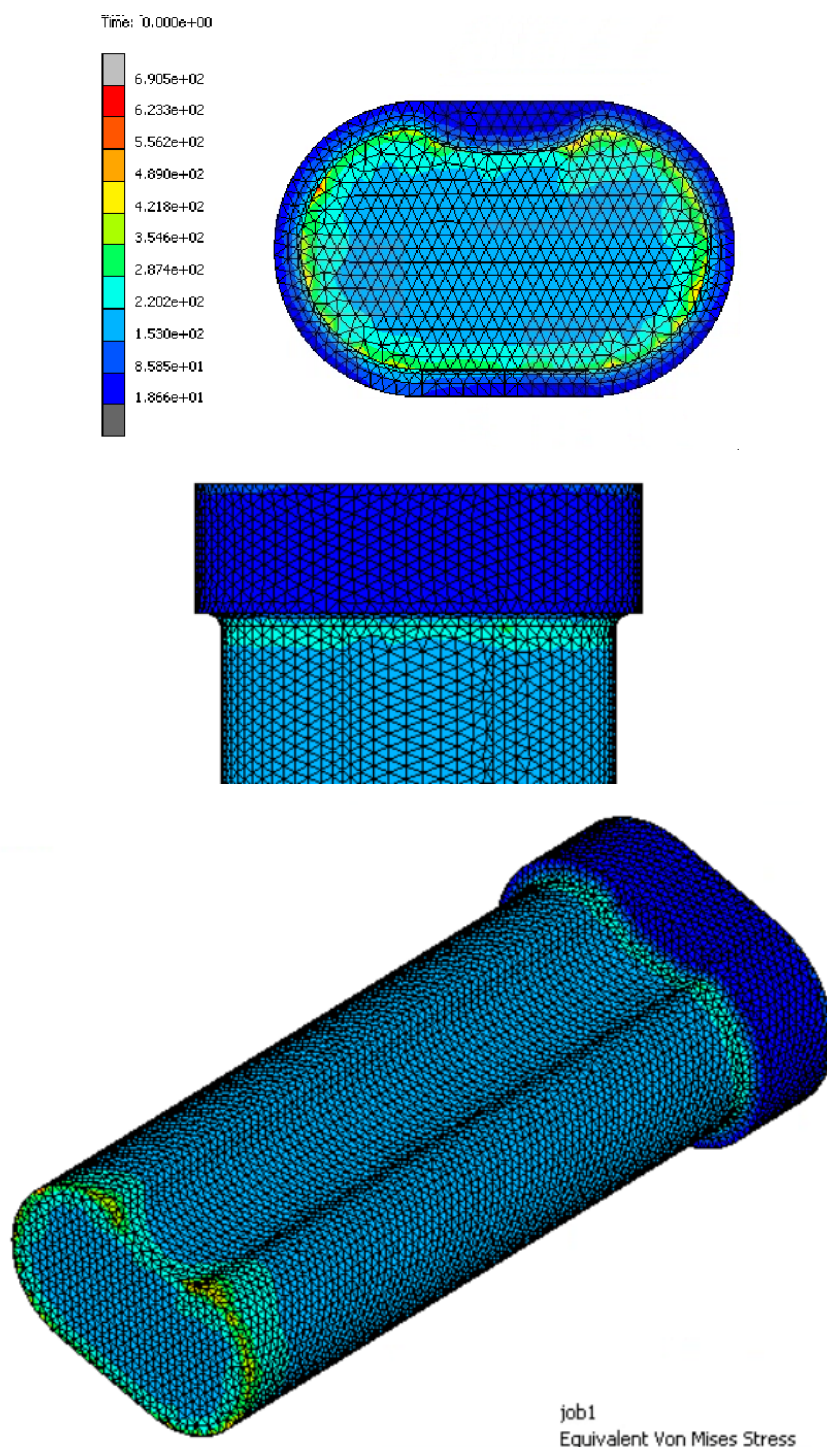


Figura 99. Tensiones Von Mises punzón interior 1 con redondeo 2mm. Fuente: Elaboración propia

Como puede verse, **la concentración de tensiones ha disminuido**, por lo que se considera una modificación de diseño **que puede beneficiar en gran medida a la vida del punzón**.

### 8.1.2. Punzón interior 2

#### ➤ IMPORTACIÓN DEL PUNZÓN A MARC MENTAT

Al igual que en el caso anterior, se importa el modelo 3D diseñado en SolidWorks a Marc Mentat en formato Parasolid.



*Figura 100. Punzón interior 2 importado a Marc Mentat. Fuente: Elaboración propia*

#### ➤ GENERACIÓN DE LA MALLA

A continuación, también se ha realizado un mallado tetraédrico, pero en este caso el **tamaño del elemento es de 0,75 mm**, y dado que se trata de un punzón más débil que el anterior, y las tensiones son más elevadas en la **cara inferior** del punzón, se ha realizado un **mallado más fino** en dicha cara mediante “Solid Mesh Seeds” con un tamaño de **0,5mm**, lo que ha dado lugar a una malla formada por 7888 nodos y 31.022 elementos.

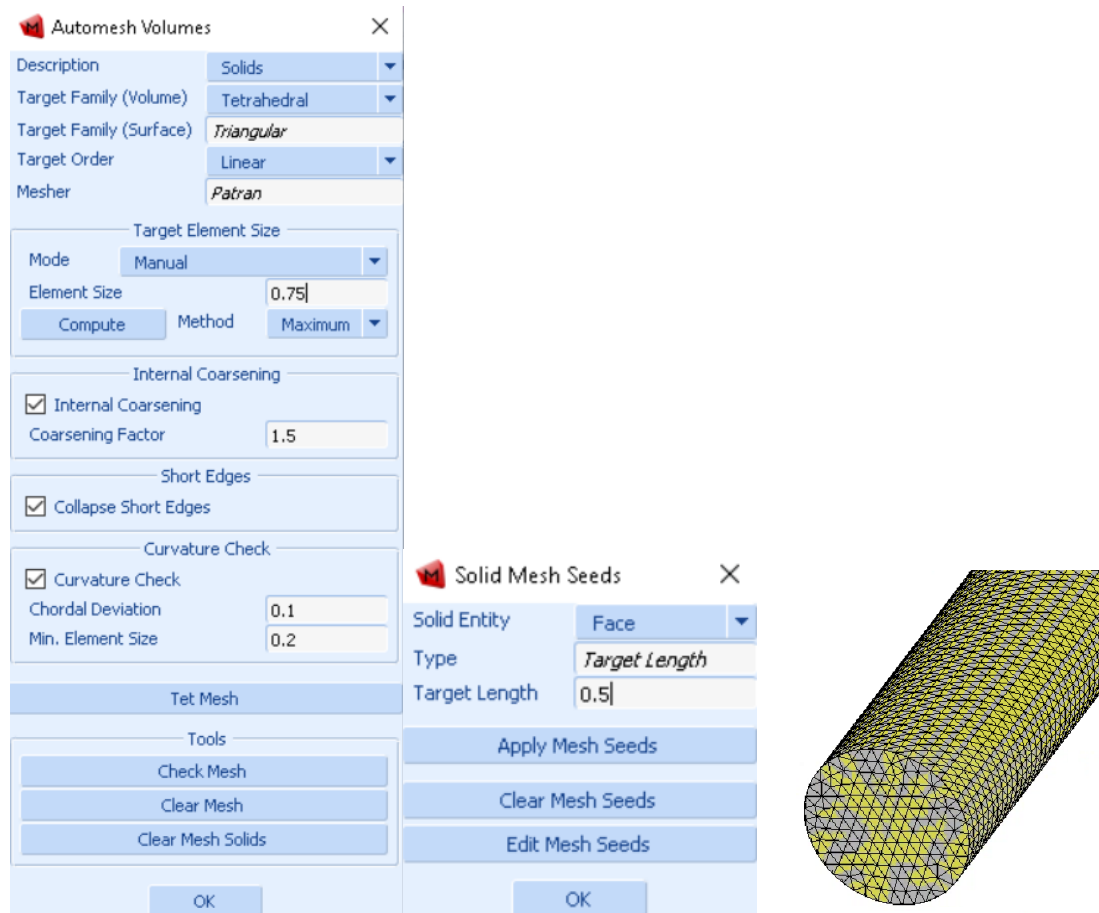


Figura 101. Mallado realizado en simulación punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia

## ➤ INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Las condiciones de material son iguales que las explicadas en el caso anterior.

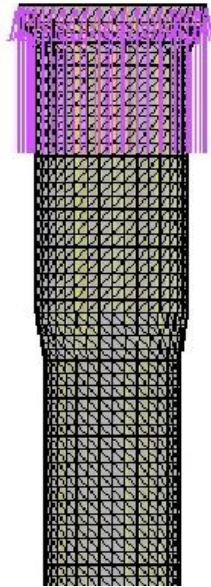
## ➤ CONDICIONES DE CONTORNO

- Sujeciones

En este caso, el punzón también está introducido en la placa portapunzones y limitado por la placa sufridera, por lo que **se han diferenciado dos restricciones:**

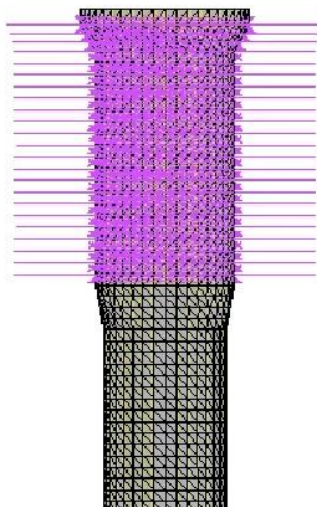


1. **Para simular la placa sufridera**, se han **restringido el desplazamiento axial** de los nodos de la cara superior del punzón, es decir, el desplazamiento en el eje Y.



*Figura 102. Restricción del desplazamiento axial en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia*

2. **Para simular la placa portapunzones**, se ha realizado una transformación del sistema cartesiano a un **sistema cilíndrico**, y se han **restringido los desplazamientos radiales**, es decir, en los ejes X e Y.



*Figura 103. Restricción del desplazamiento radial en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia*

- Fuerzas

Al igual que en el caso anterior, la base del punzón estará sometida a una **fuerza compresiva** de valor **igual a la fuerza de corte** que debe ejercer el punzón (27643 N) dividida entre el número nodos sobre los que se aplica la fuerza.

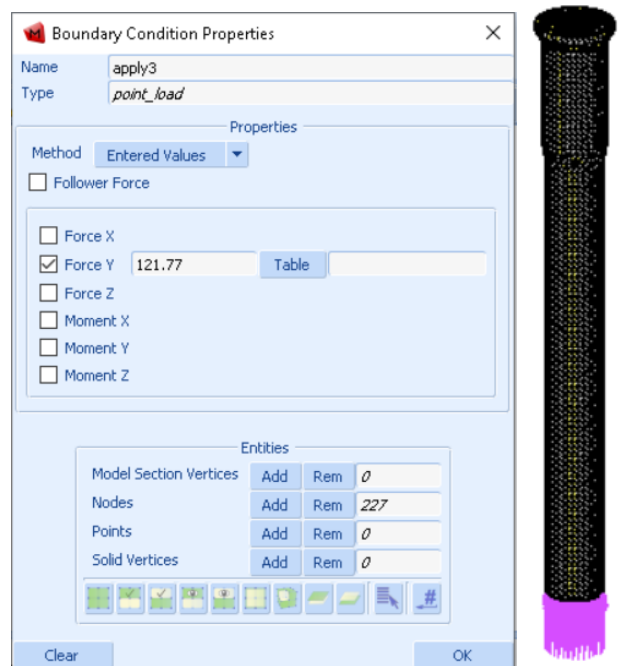


Figura 104. Aplicación de la fuerza en punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia

## ➤ RESULTADOS

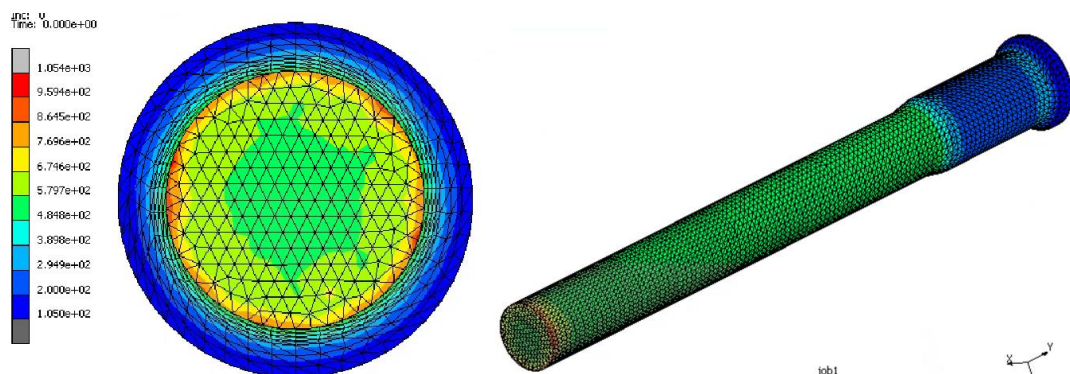


Figura 105. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con semillas 0,5mm. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen de la tensión equivalente de Von Mises, **en ningún caso se supera el límite elástico** del material, por lo que el coeficiente de seguridad siempre va a ser mayor a uno, lo que significa que el punzón va a aguantar los esfuerzos a estática.

$$c.s = \frac{1750}{1054} = 1,66$$

Sin embargo, se trata del punzón más débil, por lo que se ha decidido realizar un estudio más profundo con un mallado todavía más fino (**“Solid Mesh Seeds” de 0,25mm**) en la cara inferior con el objetivo de obtener resultados más precisos.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

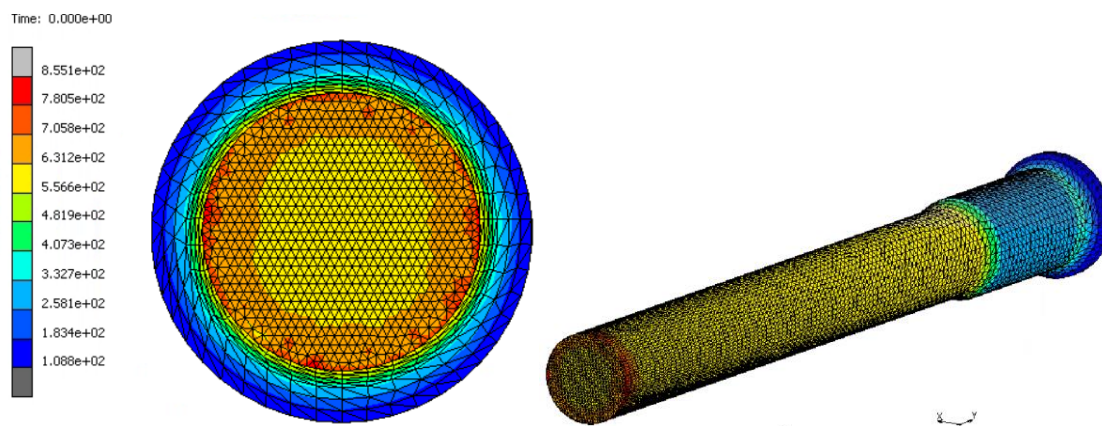


Figura 106. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con semillas 0,25mm. Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, **las tensiones máximas han disminuido**, lo que hace que el coeficiente de seguridad todavía se mayor.

Sin embargo, esta variación en los resultados ha provocado que se realice un último estudio mediante el **uso de links** con el fin de obtener una conclusión más precisa acerca de esta variación.

Mediante este método, **la fuerza se aplica en un único punto** y se reparte de forma proporcional a través de los links. Para ello, a estos links se les ha asignado una **rigidez** muy elevada, de  $1 \cdot 10^6$  N/mm, de tal forma que la fuerza no sea amortiguada y la transmisión de esta se efectúe de forma correcta.

Además, el nodo desde el cual salen los links se ha situado a una distancia muy alejada de la base del punzón (100 mm) con el fin de que la fuerza se aplique de la forma más perpendicular posible en la cara.



Figura 107. Aplicación de la fuerza mediante links. Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son los siguientes:

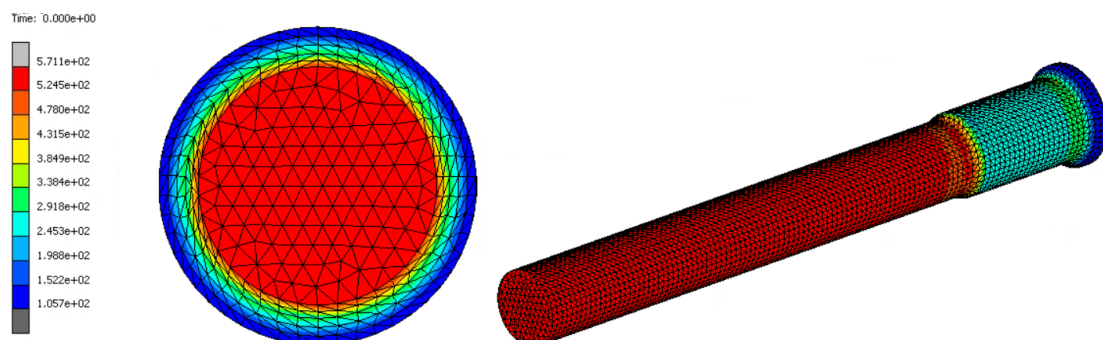


Figura 108. Tensiones Von Mises punzón interior 1 Ø8mm con uso de links. Fuente: Elaboración propia

## ➤ CONCLUSIONES

A continuación, se van a comparar los distintos resultados obtenidos:

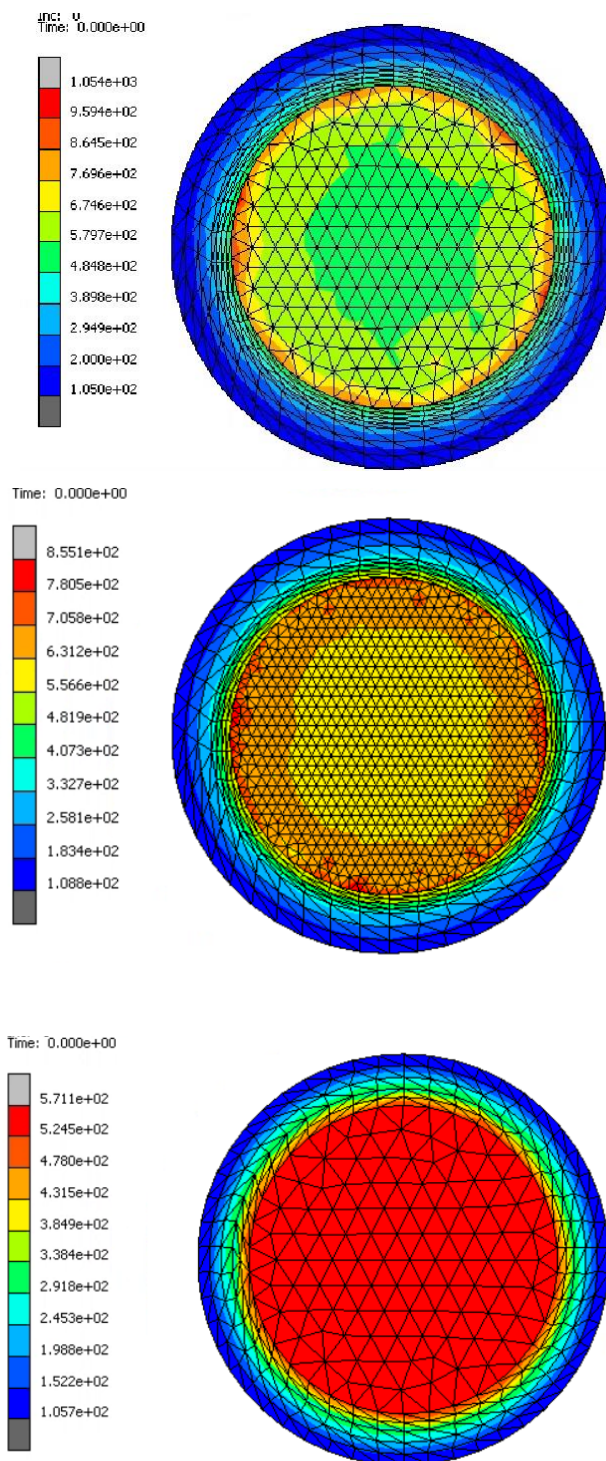


Figura 109. Tensiones obtenidas en las tres simulaciones del punzón interior 2. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la diferencia entre el mallado con semillas de 0,5 y 0,25 mm, se puede observar cómo **en las zonas centrales, los valores de las tensiones son muy similares, radicando la diferencia en el perímetro exterior** del punzón.

Esto es debido a que conforme más fino es el mallado, hay más elementos en los bordes, lo que hace que la fuerza en esa zona se divida entre un número mayor de nodos, lo que reduce las tensiones.

En cambio, con los resultados de la **simulación mediante links**, se puede observar como el valor de la **tensión** máxima también es **muy similar a los resultados obtenidos en la zona central de las simulaciones realizadas con semillas**, solo que en esta ocasión se reparte igualmente por toda la cara.

Finalmente, se puede concluir que la zona del punzón que hace variar los resultados son los bordes de este, por lo que **resulta difícil predecir la distribución de tensiones mediante esta simulación**.

Así pues, se va a realizar un estudio de la vida del punzón teniendo en cuenta las situaciones posibles comentadas para poder buscar una alternativa óptima en el peor de los casos.



### 8.1.3. Estudio a fatiga del punzón interior 2

A continuación, se va a realizar un estudio de la vida a fatiga del punzón para comprobar cómo va a reaccionar ante los distintos esfuerzos alternos compresivos a los que va a estar expuesto.

La fatiga se define como el **fallo bajo cargas repetidas o alternadas que nunca alcanzan un nivel suficiente para causar el fallo ante una única aplicación.**

Además, existen un conjunto de factores que afectan al valor del límite de resistencia a fatiga, como, por ejemplo:

- **Material:** composición química.
- **Fabricación:** método de fabricación, tratamiento térmico, corrosión por desgaste, condición de la superficie, concentración de esfuerzos.
- **Condiciones ambientales:** corrosión, temperatura, tiempos de relajación.
- **Diseño:** tamaño, estado y concentración de esfuerzo, velocidad, desgaste.

Por ello, para tener en cuenta estas cuestiones, se emplean una serie de **factores modificadores** obtenidos experimentalmente (**K<sub>i</sub>**), que permiten relacionar el límite de resistencia a la fatiga de un elemento mecánico,  $S_e$ , con los resultados de la resistencia a fatiga obtenidos en ensayos normalizados  $S_e'$ :

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_q \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_c S_e'$$

Siendo:

➤ **K<sub>a</sub>: FACTOR DE ACABADO SUPERFICIAL**

Las **irregularidades superficiales disminuyen** significativamente el **límite de resistencia a fatiga** debido a que introducen concentraciones de tensiones. En este caso, como el acabado superficial del punzón es de rectificado, por lo que finalmente dicho factor se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_a = a \cdot (S_{ut})^b = 1,58 \cdot (1930)^{-0,085} = \mathbf{0,83}$$

Acabado de superficie	Factor a		Exponente b
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o estirado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Forjado	39,9	272	-0,995

Tabla 13. Coeficientes de acabado superficial. Fuente: [18]

➤ **K<sub>b</sub>: FACTOR DE TAMAÑO Y GEOMETRÍA**

A medida que el **tamaño de una pieza aumenta**, también lo hace la **probabilidad** de encontrar un defecto en ella que provoque el **inicio de una grieta**.

Sin embargo, este efecto también depende del tipo de carga que sufre la pieza, por lo que, en este caso, al tratarse de una carga axial, el valor de este parámetro es, **K<sub>b</sub>=1**

➤ **K<sub>q</sub>: FACTOR DE CARGA**

El **comportamiento a fatiga de un elemento depende del tipo de carga** al que se somete. En este caso, empleando el método para determinar es el de Shigley y Mischke, dado que, dado que  $S_{ut} > 1520 \text{ MPa}$ , se determina un valor de **K<sub>q</sub>= 1**



➤ **K<sub>d</sub>: FACTOR DE TEMPERATURA**

Este factor considera la diferencia de temperatura entre el ensayo realizado y la temperatura de operación, y dado que la temperatura de operación del troquel es **temperatura ambiente**, el factor de temperatura resulta:

$$K_d(20^\circ C) = \frac{S_{ut}}{S_u} = 1$$

Temperatura (°C)	S <sub>uT</sub> /S <sub>u</sub>
20	1,000
50	1,010
100	1,020
150	1,025
200	1,020
250	1,000
300	0,975
350	0,927
400	0,922
450	0,840
500	0,766
550	0,670
600	0,546

Tabla 14. Factor modificativo  $t^a$ . Fuente: [18]

➤ **K<sub>e</sub>: FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE TENSIONES**

Es un factor que trata de minorar el límite a fatiga con el fin de tener en cuenta la influencia de las diferentes discontinuidades que se puede tener en una pieza (agujeros, ranuras, chavetas...). En este caso, como **se trabaja directamente sobre el modelo 3D**, **K<sub>e</sub>=1**

➤ **K<sub>q</sub>: FACTOR DE CONFIABILIDAD**

El factor de confiabilidad corrige la resistencia a fatiga. De esta forma, se consigue aumentar la probabilidad de que la resistencia real de la pieza sea igual o mayor que el valor corregido. Funcionalmente, se suele diseñar para una **confiabilidad del 90%**, por lo que **K<sub>q</sub>= 0,897**

Confiabilidad	Factor de confiabilidad K <sub>q</sub>
0.5	1
0.9	0.897
0.95	0.868
0.99	0.814
0.999	0.753
0.9999	0.702
0.99999	0.659
0.999999	0.620
0.9999999	0.584
0.99999999	0.551
0.999999999	0.520

Tabla 15. Factor de confiabilidad. Fuente: [18]

➤ **S<sub>e</sub>': LÍMITE RESISTENCIA A LA FATIGA EN FLEXIÓN ROTATIVA.**

En el caso de los aceros se puede admitir que para S<sub>ut</sub> > 1400 MPa → S<sub>e</sub>'= **700 MPa**

Para finalizar, aplicando los distintos factores comentados anteriormente se obtiene que:

$$S_e = 0,83 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,897 \cdot 700 = \mathbf{521,16 \text{ MPa}}$$

FACTORES MODIFICATIVOS FATIGA	
<b>K<sub>a</sub></b>	0,83
<b>K<sub>b</sub></b>	1
<b>K<sub>q</sub></b>	1
<b>K<sub>d</sub></b>	1
<b>K<sub>e</sub></b>	1
<b>K<sub>c</sub></b>	0,897
<b>S<sub>e</sub>'</b>	700

Tabla 16. Factores modificativos del límite a fatiga. Fuente: Elaboración propia

A continuación, mediante las curvas S-N y el criterio de Goodman, se calcula la vida a fatiga del punzón. Se va a explicar el cálculo de la vida del punzón para el primer caso simulado, es decir, para el caso de las semillas de 0,5mm.

**Goodman:**

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_f} = \frac{1}{c.s}$$

Siendo:

- $\sigma_m$ : tensión media [MPa]
- $\sigma_a$ : tensión alterna [MPa]
- $S_u$ : tensión última del material [MPa]
- $S_f$ : resistencia a la fatiga [MPa]
- $c.s$ : coeficiente de seguridad

Goodman establece que **las tensiones medias compresivas no afectan al fallo por fatiga**, por lo que la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$\frac{\sigma_a}{S_f} = \frac{1}{c.s}$$

Además, la tensión mínima es nula, por lo que:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{i}n}}{2} = \frac{1054 + 0}{2} = 527 \text{ MPa}$$

Por tanto, dado que en este caso no se está teniendo en cuenta el endurecimiento por deformación de la chapa, la fuerza de corte empleada es ligeramente inferior a la real, por lo que se ha decidido emplear un  $c.s = 2$ :

$$\frac{527}{S_f} = \frac{1}{2} \rightarrow S_f = 527 \cdot 2 = 1054 \text{ MPa}$$

### Curvas S-N:

Por último, interpolando en las curvas S-N para una carga axial, teniendo que el eje X se encuentra en escala logarítmica:

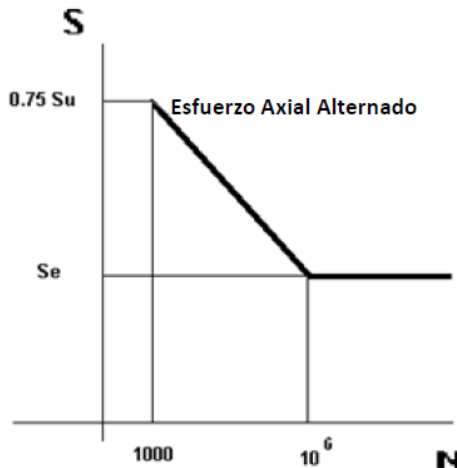


Figura 110. Curva S-N para carga axial. Fuente: [18]

$$\frac{\log_{10}(0,75 \cdot 1930) - \log_{10}(1054)}{\log_{10}(0,75 \cdot 1930) - \log_{10}(521,16)} = \frac{3 - \log_{10}(N)}{3 - 6}$$

Por tanto, despejando se obtiene una vida del punzón de **N=8.544 ciclos**

A la vista de los resultados, se ve que no es posible realizar completar la producción de los 25.000 abrebotellas sin tener que cambiar de punzón tres veces.

A continuación, se adjunta una tabla resumen con el número de ciclos que aguantaría el punzón teniendo en cuenta las diferentes posibilidades:

	N.º ciclos
<b>Mallado con semillas 0,5mm</b>	8.544
<b>Mallado con semillas 0,25mm</b>	35.142
<b>Empleo de Links</b>	538.599

Tabla 17. Ciclos que aguanta el punzón de Ø8mm. Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, **la variación del número de ciclos** que podría aguantar el punzón **dependiendo del tipo de simulación realizada es muy significativa**.

**Esto es debido a que el eje X de las curvas S-N están en escala logarítmica**, por lo que cualquier ligera variación en las tensiones influye de manera muy notable en el número de ciclos que soportaría el punzón

➤ SOLUCIÓN ADOPTADA

Dado que el corte realizado por el punzón interior 2 únicamente sirve para permitir al usuario pasarle un cordel para un transporte más cómodo o para colgarlo en algún lugar, la modificación de esta dimensión no supone ningún efecto para la funcionalidad del abrebotellas.

Por ello, dado que, en el peor de los casos, sería necesario cambiar tres veces de punzón para la fabricación de los 25.000 abrebotellas, lo que supone un gasto económico elevado, se ha decidido **aumentar el diámetro del orificio a 9 mm**, por lo que la **fuerza de corte** en este caso es de **30197 N**.

Cabe destacar que este aumento de la fuerza de corte influye en el resto de las fuerzas, como la fuerza de extracción empleada en la selección de los muelles. Sin embargo, este aumento es poco significativo, por lo que **la constante elástica del muelle seleccionado anteriormente sigue siendo superior a la constante que resulta de la nueva fuerza de extracción**.

A continuación, se han realizado las mismas simulaciones, es decir, mallado general de 0,75mm y mallado más fino tanto de 0,5 mm como de 0,25 mm, solo que en esta ocasión el punzón es de 9mm. En cuanto a la simulación de los links, en esta ocasión no se va a realizar, ya que la vida obtenida con las tensiones resultantes de este ensayo es muy elevada, por lo que es la más favorable de todas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

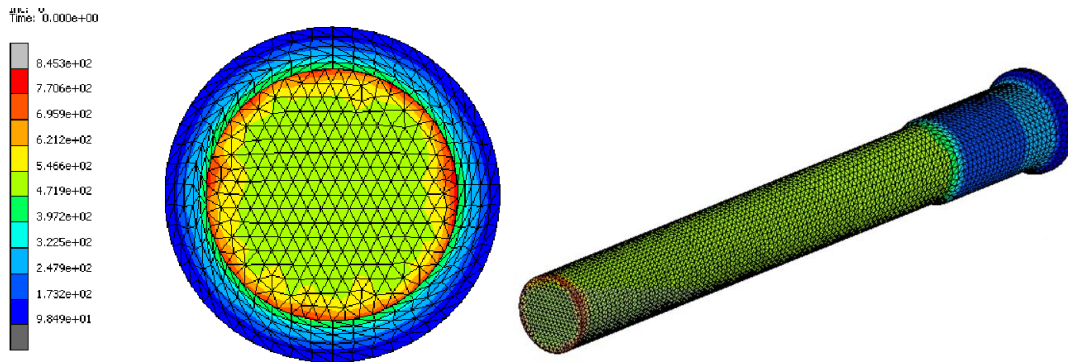


Figura 111. Tensiones Von Mises en punzón interior 1 Ø 9mm y semillas de 0,5 mm. Fuente: Elaboración propia.

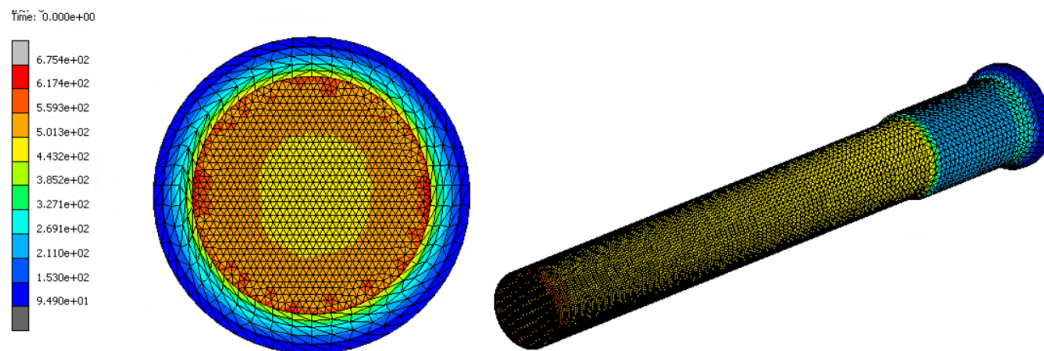


Figura 112. Tensiones Von Mises en punzón interior 1 Ø 9mm y semillas de 0,25 mm. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos para obtener la vida del punzón son los mismos que en el caso del diámetro de 8mm, por lo que los resultados son los siguientes:

	N.º ciclos
Mallado con semillas 0,5	37.991
Mallado con semillas 0,25	173.241

Tabla 18. Ciclos que aguanta el punzón de Ø9mm. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se concluye que **el cambio de diámetro es beneficioso**, ya que en el peor de los casos se podrían realizar los 25.000 abrebotellas sin la necesidad de cambiar de punzón, **aunque sería conveniente revisar el desgaste de los punzones debido** a que el **rozamiento** con la chapa podría disminuir su vida.

## 8.2. CORTE DE LA PIEZA

En este análisis se va a realizar una simulación del corte de la pieza, concretamente el **corte del agujero con forma circular**, ya que se trata del punzón más débil.

Mediante este estudio se podrá ver:

1. La **fuerza** que debe realizar el punzón **para realizar el corte** y la distancia que debe recorrer para ello.
2. Si el **juego** que se ha dejado entre el punzón y la matriz es **adecuado**.
3. Los **bordes característicos** de la pieza cortada.

Como se ha visto en apartados anteriores, el corte de la pieza se produce cuando las fibras del material se deforman plásticamente, por lo que, para hacer una simulación realista, es necesario tener en cuenta el **endurecimiento por deformación plástica** del material, el cual viene definido por la **ecuación de Hollomon**:

$$\sigma = K \cdot \varepsilon^n$$

Siendo:

- **$\sigma$** : tensión que produce una deformación real de  $\varepsilon$  [MPa]
- **$\varepsilon$** : deformación producida
- **$K$** : coeficiente de resistencia [MPa]
- **$n$** : coeficiente de endurecimiento por deformación

Los coeficientes  $K$  y  $n$  varían de una aleación a otra, por lo que se ha consultado el valor de estos coeficientes para el acero inoxidable AISI 304

Material	n	K	
		MPa	psi
Acero de bajo contenido de carbono (recocido)	0.21	600	87 000
Acero aleado 4340 (recocido @ 315°C)	0.12	2650	385 000
Acero inoxidable 304 (recocido)	0.44	1400	205 000
Cobre (recocido)	0.44	530	76 500
Latón naval (recocido)	0.21	585	85 000
Aleación de aluminio 2024 (tratada térmicamente — T3)	0.17	780	113 000
Aleación de magnesio AZ-31B (recocido)	0.16	450	66 000

Tabla 19. Coeficientes n y K de Hollomon. Fuente:[19]

Por tanto, la ecuación de Hollomon resulta:

$$\sigma = 1400 \cdot \varepsilon^{0,44}$$

Sustituyendo en la ecuación valores de deformación de 0,05 en 0,05 se obtiene la siguiente curva de endurecimiento por deformación plástica.

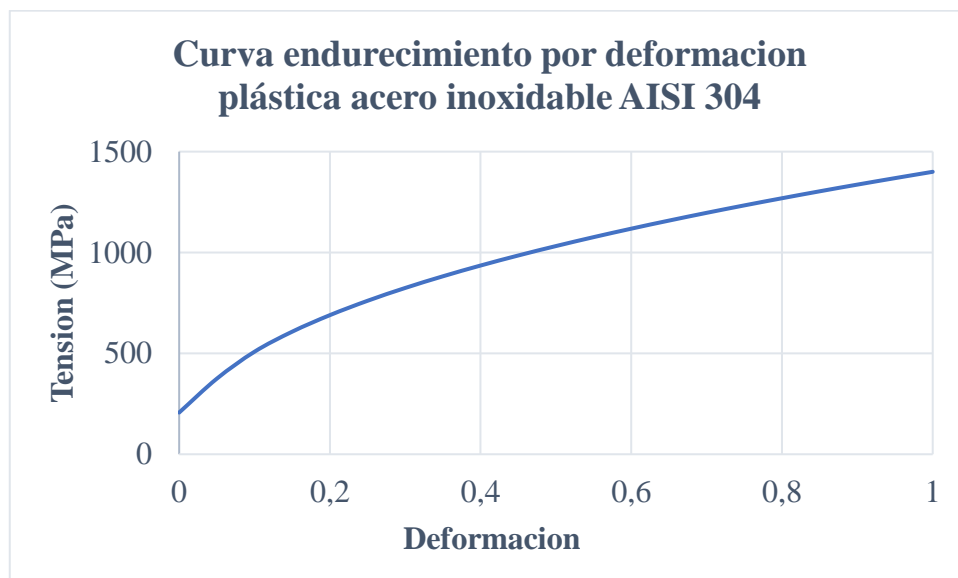


Figura 113. Curva endurecimiento por deformación plástica del acero AISI 304. Fuente: Elaboración propia



### 8.2.1. Operaciones previas

#### ➤ CROQUIZADO DE LA SITUACIÓN

El primer paso es croquizar en 2D la situación real que se va a simular. En este caso, debido a la simetría existente, únicamente se ha croquizado la mitad del punzón.

Además, se ha definido un **radio de acuerdo de 0,2 mm** en el punzón y la placa matriz para que el material fluya y no se produzcan desgarros e imperfecciones que hagan la pieza defectuosa.

Como **distancias importantes** a respetar se encuentran el **espesor de la chapa** (2mm), y la **holgura** existente **entre el punzón y la matriz** (0,1mm)

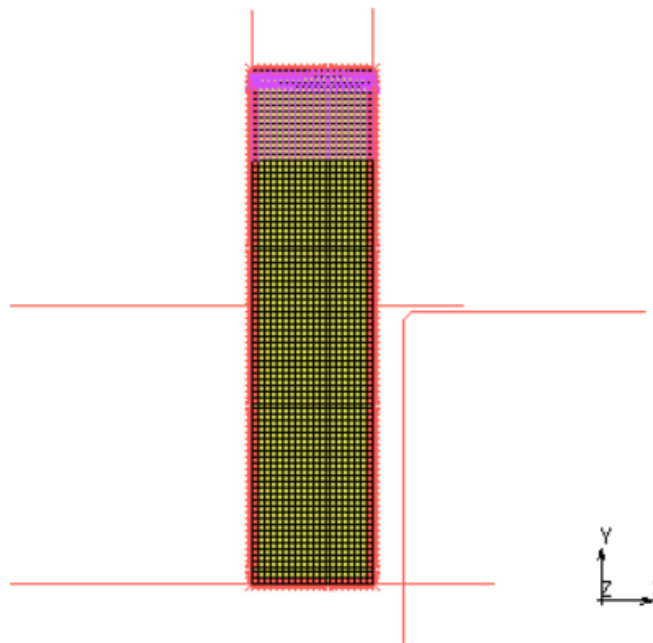


Figura 114. Croquis 2D del corte de la pieza. Fuente: Elaboración propia

## ➤ TABLAS

En la simulación van a entrar en juego dos tablas.

1. Por un lado, una tabla de **tipo tiempo**, la cual va a definir el desplazamiento del punzón.
2. Por otra parte, una tabla de **tipo equivalent plastic strain**, la cual va a contener los puntos que conforman la curva de endurecimiento por deformación plástica del material, y cuyo **punto de partida es el límite elástico del AISI 304**.

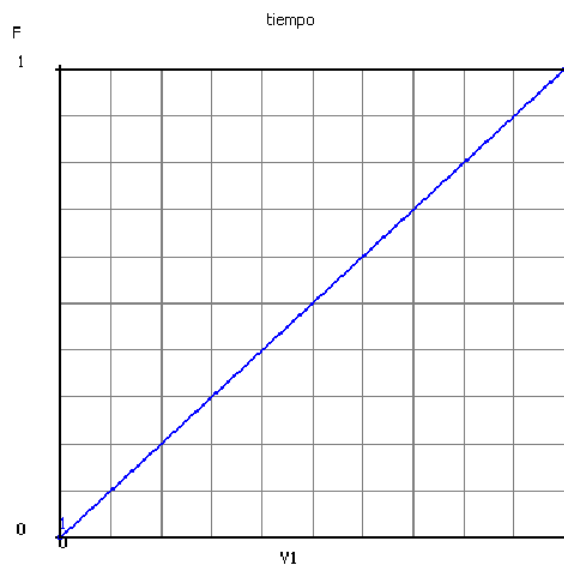


Figura 115. Creación de la tabla tipo "time". Fuente: Elaboración propia

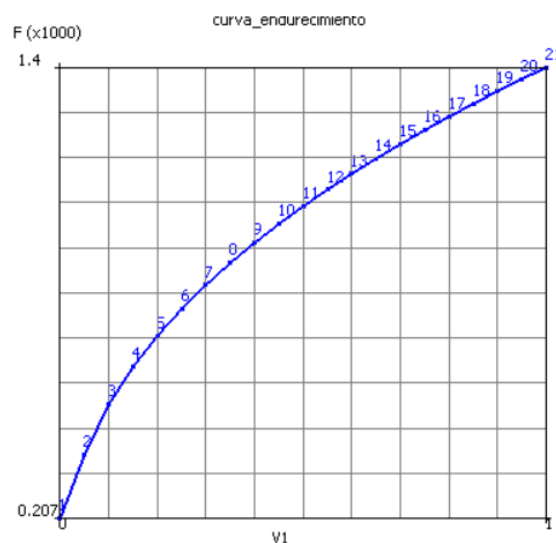


Figura 116. Creación de la tabla tipo "equivalent plastic strain". Fuente: Elaboración propia

## ➤ MATERIAL Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

Como parámetros de material se introducen el **módulo de elasticidad** (200GPa) y el **coeficiente de poisson** (0,3) del acero inoxidable AISI 304.

Además, en **propiedades plásticas** es necesario **asignar la tabla equivalent plastic strain** creada con anterioridad, y en **efectos de daño**, se ha seleccionado el modelo de **Cockroft-Latham**, el cual no depende del material y puede eliminar elementos a partir de un valor determinado, este caso elementos de 1,25 mm.

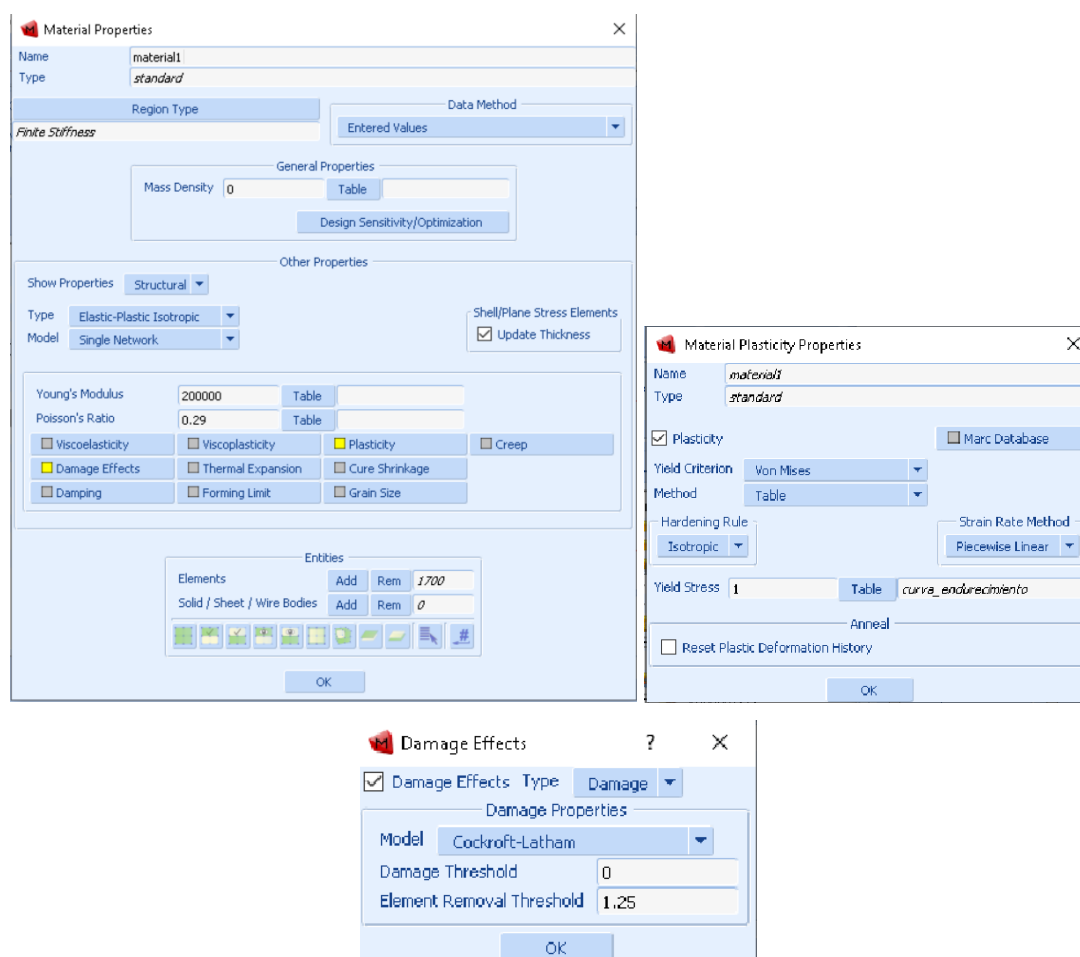


Figura 117. Propiedades de material para simulación de corte. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las propiedades geométricas, dado que se trata de una geometría de revolución respecto a un eje, se ha seleccionado una **propiedad geométrica estructural axisimétrica sólida**.

## ➤ CUERPOS DE CONTACTO

En cuanto a los cuerpos de contacto, se han creado **5 cuerpos** que corresponden a cada uno de los componentes implicados en el proceso de corte.

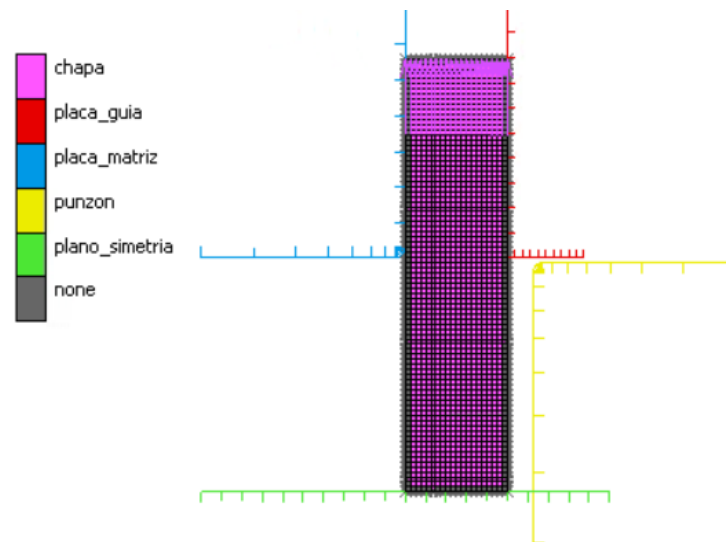


Figura 118. Cuerpos de contacto en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia

Se distinguen 3 tipos de cuerpos:

- **Deformable:** el cuerpo que simula la **chapa de acero** es un cuerpo de contacto de tipo deformable, ya que está compuesto por elementos a los que les hemos asignado las propiedades del material.
- **Rígido:** estos cuerpos son curvas que simulan los componentes implicados, a los cuales se les puede controlar la posición. Por tanto, a este tipo de cuerpos pertenecen la **placa guía**, la **placa matriz** y el **punzón**, el cual será el componente que se mueva para realizar el corte.
- **Simetría:** como únicamente se ha dibujado una mitad del corte, es necesario crear un cuerpo de simetría, por lo que el cuerpo llamado **plano de simetría** es de este tipo.

Además, se crea una tabla de contactos para controlar la interacción entre los distintos cuerpos creados:

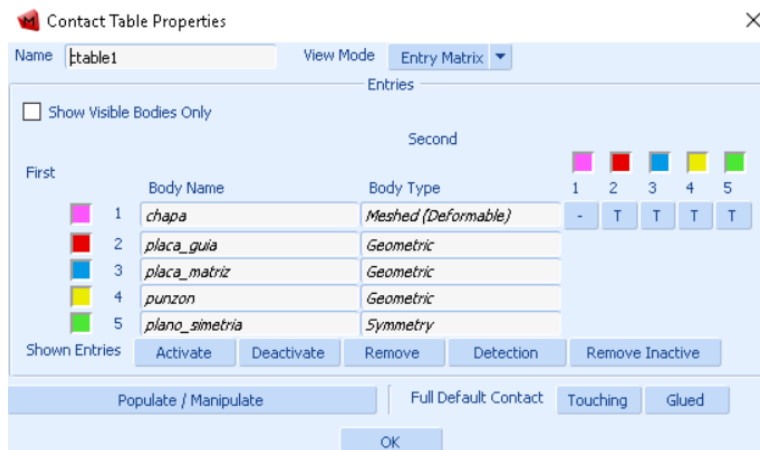


Figura 119. Tabla de contactos simulación corte. Fuente: Elaboración propia

## ➤ MALLADO

Se ha realizado un **mallado general** de la pieza subdividiendo las curvas que conforman la chapa en subdivisiones de 0,1mm, dando lugar a **1700 elementos**.

A continuación, se ha realizado un **mallado local más fino** en la zona de la chapa donde se va a producir el corte mediante un remallado del tipo “Advancing Front Quad” empleando una caja de remallado.

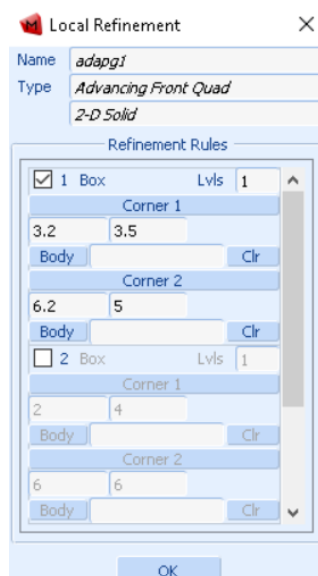


Figura 120. Remallado local "Advancing Front Quad". Fuente: Elaboración propia

### ➤ CONDICIONES DE CONTORNO

Para que la chapa no se mueva durante el corte, se ha **restringido el movimiento en el eje Y** de los **elementos** situados en el **extremo opuesto al corte**.

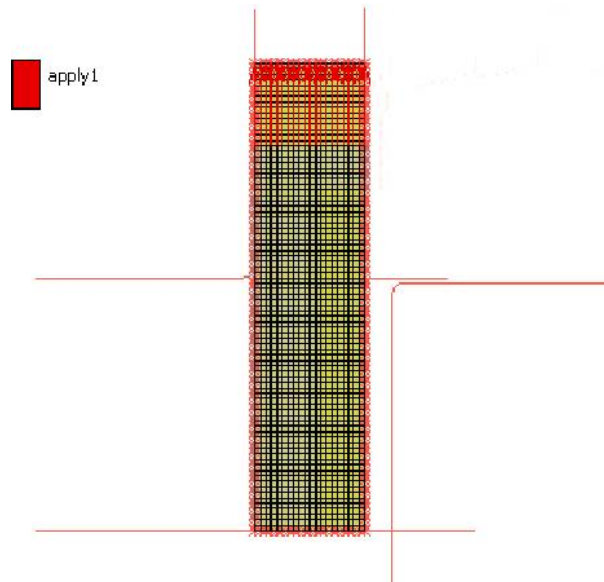


Figura 121. Restricción de movimiento en eje Y en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia

### ➤ CASO DE CARGA

Se ha realizado un caso de carga estático estructural con **160 incrementos de cálculo**, donde es importante activar las siguientes casillas:

- **Loads:** de esta forma se consigue fijar los elementos de la chapa y conseguir que no se mueva durante el proceso de corte.
- **Contact:** es necesario asignar la tabla de contactos creada con anterioridad para una correcta simulación.
- **Global Remeshing:** activamos el mallado local fino creado anteriormente.

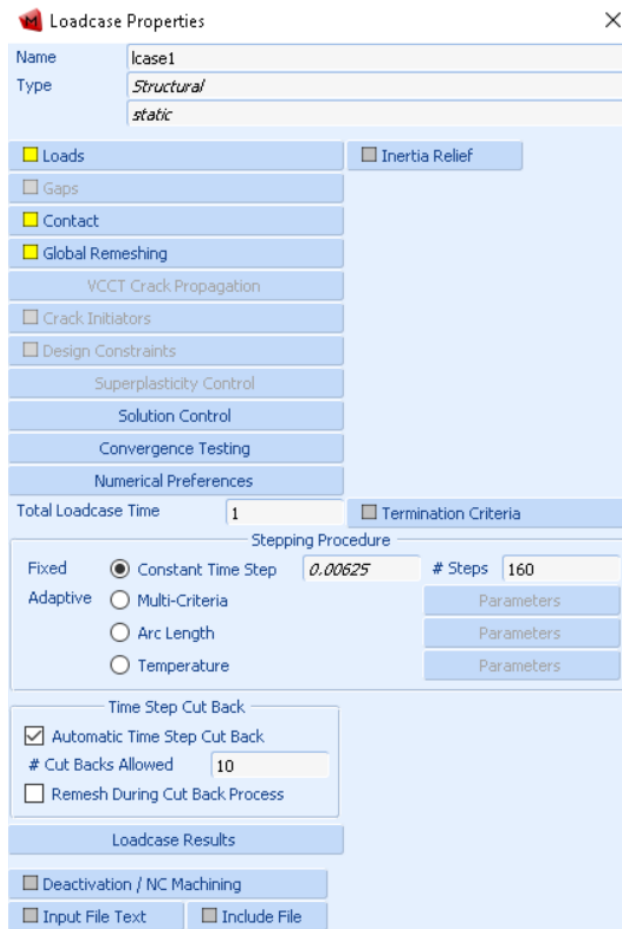


Figura 122. Caso de carga en simulación de corte. Fuente: Elaboración propia

## ➤ JOB

Se crea un job estructural seleccionando tanto el caso de carga como las sujeciones creadas anteriormente. Además, en “Contact Control” se selecciona la tabla de contactos y en “Analysis Options” se activa la casilla de “Large Strain” debido a que existen grandes deformaciones.

Por último, se piden los resultados de:

- Deformación plástica
- Tensión de Von Mises
- Daño

### 8.2.2. Análisis del proceso de corte

#### ➤ FUNDAMENTO TEÓRICO

A continuación, se va a describir brevemente la gráfica de **una prueba típica de carga-desplazamiento de un punzón de corte**.

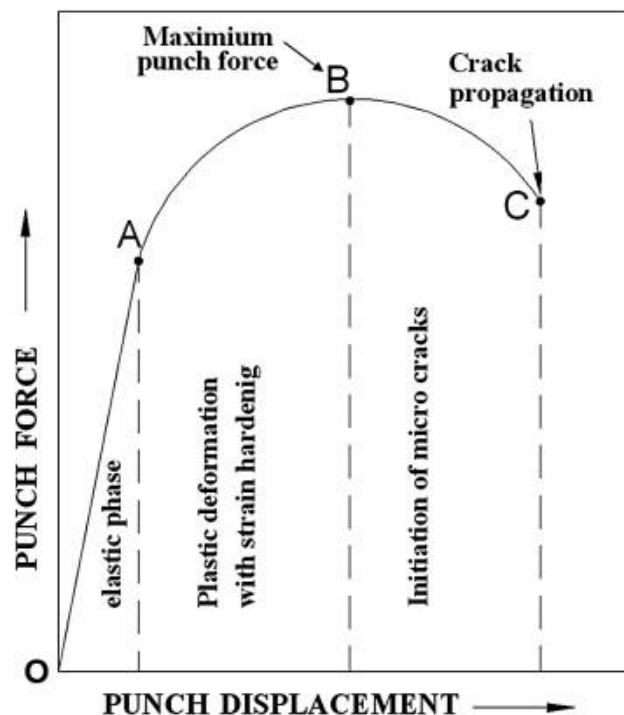


Figura 123. Esquema típico carga-desplazamiento en punzón de corte. Fuente:[20]

Como puede observarse, la curva carga-desplazamiento inicialmente exhibe una **región elástica lineal** (OA), seguida de una región de **deformación plástica con endurecimiento por deformación** (AB), la cual conduce a una carga máxima.

A partir de este punto **se forman las microgrietas**, lo que provoca que la carga se reduzca de forma continuada y la deformación plástica continúe de B a C.

Finalmente, las grietas se propagan y se produce el corte de la pieza.



### ➤ ANÁLISIS CURVA CARGA-DESPLAZAMIENTO DEL PUNZÓN

Una vez comentado el fundamento teórico de la curva carga-desplazamiento del punzón, se han exportado los datos de la simulación desde Marc Mentat y se han importado a Excel para analizar el caso concreto.

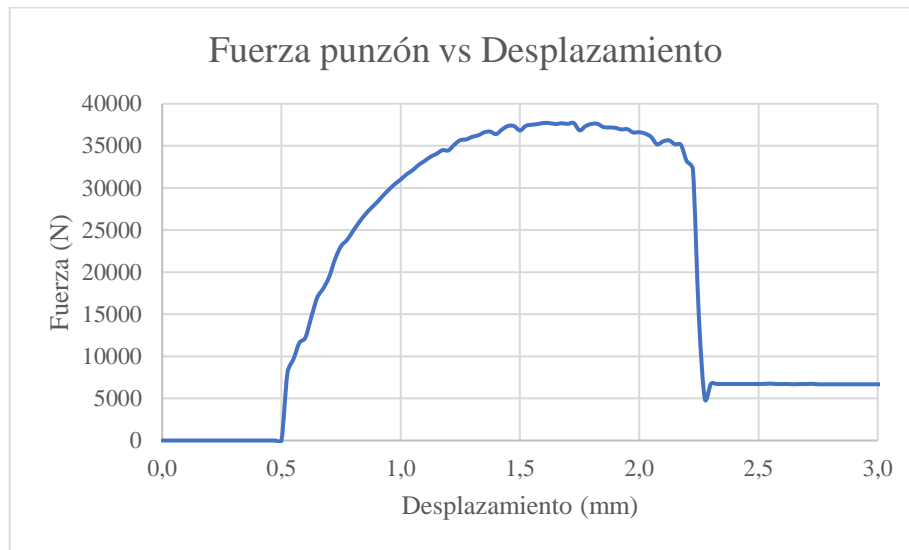


Figura 124. Carga-desplazamiento del punzón con datos obtenidos de la simulación. Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, durante aproximadamente los primeros 0,13 segundos, la fuerza tiene valor nulo, ya que en este tiempo el punzón se está desplazando los 0,5 mm que le separan de la chapa.

A partir de este momento, la *figura 124* puede descomponerse en las **tres partes claramente diferenciadas** que se han comentado en el fundamento teórico:

1. A partir de los 0,5 mm se puede observar un inicio de la curva con tendencia lineal, lo que corresponde a la **región elástica**. Esta región elástica es muy breve, ya que la fuerza de corte se eleva de manera muy pronunciada.

2. A continuación, comienza la **región plástica**, alcanzando el valor máximo cuando se produce la formación de las microgrietas. Esto sucede cuando el punzón se ha desplazado **1,6 mm**.
3. Por último, las grietas crecen y se unen hasta que se produce el corte completo del material. Esta **unión de las grietas** provoca que la chapa se empiece a fracturar, cosa que ocurre cuando el punzón se ha desplazado **2,15 mm**. Finalmente, esta fractura aumenta hasta que se produce el **corte total** del material cuando el punzón se ha desplazado **2,25 mm**.

Además, la **cantidad de deformación que el material es capaz de soportar antes de que se fracture** es una propiedad mecánica de interés para muchos procesos de manufactura.

Esta propiedad generalmente se mide con la **ductilidad**, que es la **capacidad que tiene un material para deformarse plásticamente sin sufrir una fractura**. Esta medición se toma bien como elongación o como reducción del área, por lo que a continuación, se adjunta una tabla con los valores típicos de elongación de distintos materiales usados frecuentemente en procesos de manufactura:

Material	Elongación	Material	Elongación
<b>Metales</b>		<b>Metales, continuación</b>	
Aluminio recocido	40%	Acero, bajo C <sup>a</sup>	30%
Aluminio, trabajado en frío	8%	Acero, alto C <sup>a</sup>	10%
Aleaciones de aluminio, templadas <sup>a</sup>	20%	Acero, aleación <sup>a</sup>	20%
Aleaciones de aluminio, tratadas con calor <sup>a</sup>	8%	Acero, inoxidable, austenítico <sup>a</sup>	55%
Aleaciones de aluminio, fundidas <sup>a</sup>	4%	Titanio, casi puro	20%
Hierro colado, gris <sup>a</sup>	0,6%	Aleación de zinc	10%
Cobre, templado	45%	<b>Cerámicas</b>	0 <sup>b</sup>
Cobre, trabajado en frío	10%	<b>Polímeros</b>	
Aleación de cobre: latón, templado	60%	Polímeros termoplásticos	100%
Aleaciones de magnesio <sup>a</sup>	10%	Polímeros termoestables	1%
Níquel, templado	45%	Elastómeros (por ejemplo, caucho)	1% <sup>c</sup>

Tabla 20. Ductilidad como % de elongación de varios materiales. Fuente: [3]

Como puede observarse en la tabla, el **acero inoxidable tiene un porcentaje de elongación muy elevado**, lo que **explica que el corte completo de la chapa tarde en producirse**.

➤ FUERZA NECESARIA PARA EL CORTE

Como se puede observar en la *figura 124*, la **fuerza máxima** que ejerce el punzón es de **37.718,64 N**, valor muy próximo a la **fuerza de corte teórica**, la cual era de **31.097 N**.

El **valor** obtenido a partir de **la simulación** es ligeramente **superior** al teórico debido a que en la simulación se ha tenido en cuenta el **endurecimiento por deformación plástica** del material, aspecto que hace que se necesite una fuerza mayor para cortar la chapa.

Por tanto, se va a obtener un coeficiente de seguridad que **se aplicará en la selección de la prensa**, de tal forma que esta sea capaz de realizar el corte de la pieza.

$$c.s = \frac{37718,64}{31097} = 1,213$$

De este modo, en la **selección de la prensa** se empleará un **coeficiente de seguridad de 1,25**

➤ ANÁLISIS DEL JUEGO PUNZÓN-PLACA MATRIZ

Como ya se ha comentado a lo largo del proyecto, es muy importante que el juego existente entre el punzón y la matriz sea adecuado para un buen funcionamiento del troquel, además de un buen proceso de corte.

Por ello, se va a analizar que el juego que se ha seleccionado es correcto, ya que el dejar **un juego inadecuado puede ocasionar dos efectos**:

- Si el **juego es demasiado pequeño**, las líneas de fractura pasan una por encima de la otra, produciéndose un **doble bruñido**, lo que implica que para que se efectúe el corte sea necesario una fuerza de corte mayor.
- Si el **juego es demasiado grande**, se genera una **rebaba excesiva**.

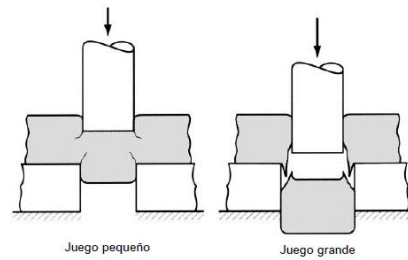


Figura 125. Efectos del juego en el punzonado. Fuente: [1]

Así pues, a continuación se estudia tanto la formación de las grietas, como el borde resultante de la pieza cortada para analizar las distintas partes de la misma.

Como puede observarse en la siguiente imagen, las líneas de fractura no pasan una por encima de otra, sino que están alineadas y avanzan de manera correcta uniéndose y generando el corte de la pieza, por lo que **no se produce el efecto de doble bruñido**.

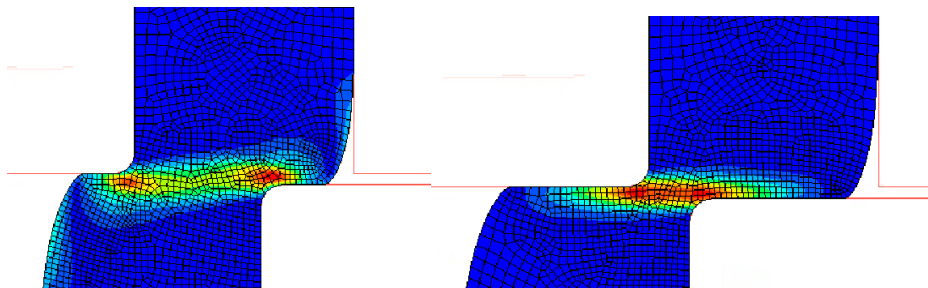


Figura 126. Formación de las líneas de fractura. Fuente: Elaboración propia

Además, las distintas partes características del borde del material son perfectamente reconocibles, y **la rebaba generada no es excesiva**.

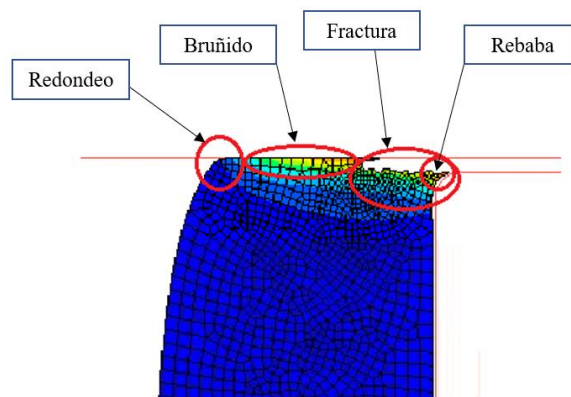


Figura 127. Bordes de la pieza cortada. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, se puede concluir con que el **juego seleccionado es adecuado**.

### 8.2.3. Resultados

Una vez analizado el proceso de corte de la chapa, se pueden comprender mejor los resultados obtenidos en la simulación.

#### ➤ DEFORMACIÓN PLÁSTICA

A continuación, se va a realizar un estudio de la evolución de la deformación plástica en la chapa, concretamente en algunos de los puntos más significativos de la operación de corte.

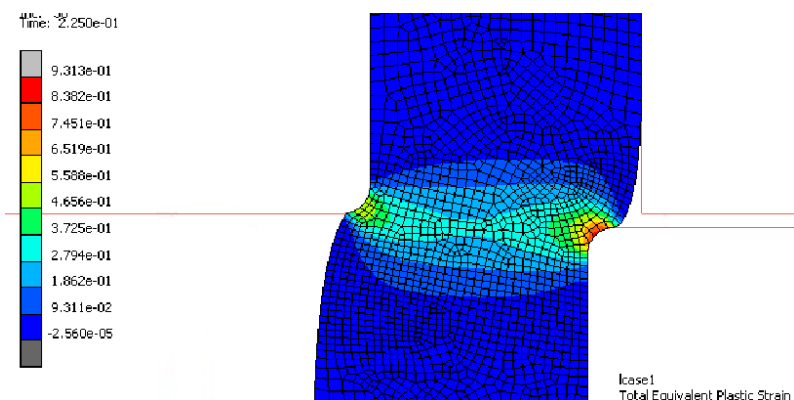


Figura 128. Deformación plástica de la chapa a los 0,225 seg. Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, cuando el punzón comienza a introducirse en la chapa, se puede observar como la **deformación plástica adquiere valores bajos**, los cuales irán incrementándose a medida que el punzón descienda, ya que la deformación plástica irá aumentando hasta que se produzca la fractura del material.

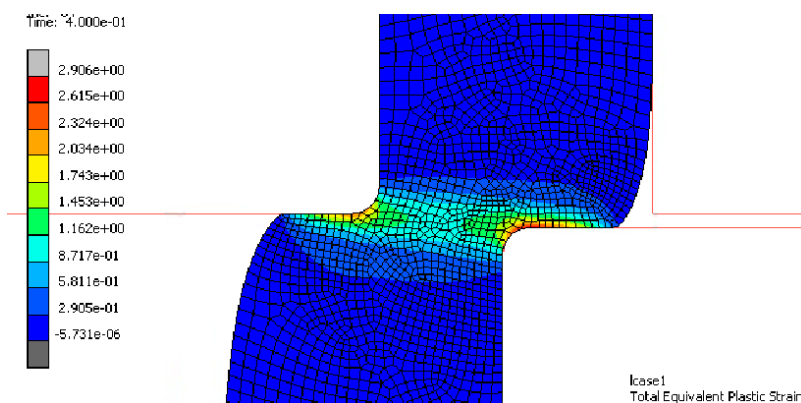


Figura 129. Deformación plástica de la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia

Las deformaciones van aumentando progresivamente y el material se deforma plásticamente, hasta que el punzón ha descendido 1,6mm. En este punto **se forman las grietas** en la zona de contacto de la chapa, tanto con el punzón, como con la placa matriz, con unas **deformaciones plásticas de 2,615** en los **puntos de contacto** de la chapa con el punzón y la matriz, y **deformaciones de 1,898** en la **zona central**.

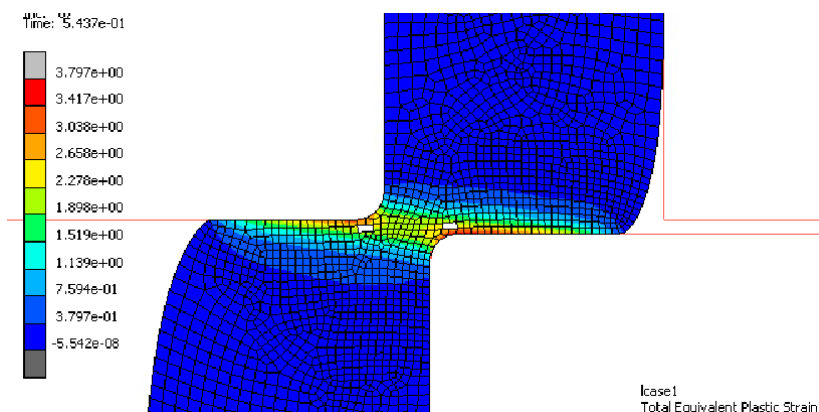


Figura 130. Deformación plástica de la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia

A medida que el punzón continúa su trayectoria descendente, **las grietas se propagan**, y aparecen las primeras fracturas de la chapa cuando el **punzón ha descendido 2,15mm**, con unas **deformaciones**, de entre **1,898** y **2,278** en la **zona central** de la chapa, alcanzando un valor de **3,417** en la **zona de contacto** de la chapa con el punzón y la placa matriz.

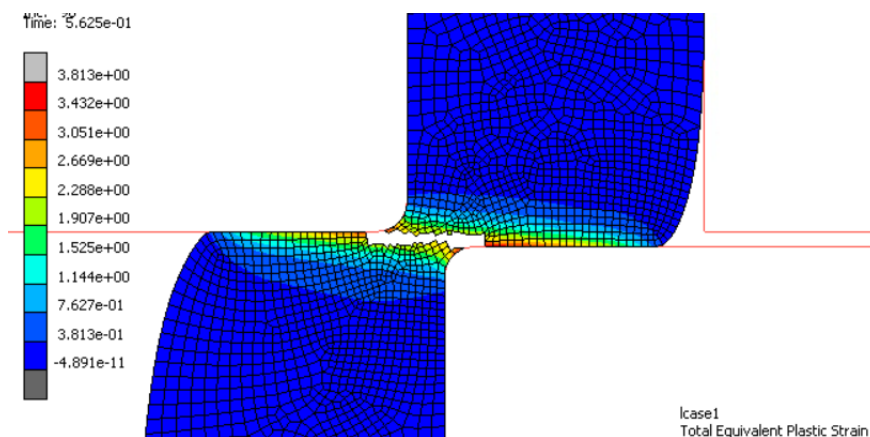


Figura 131. Deformación plástica de la chapa a los 0,5625 seg. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la fractura continúa y se produce el **corte completo de la chapa**, la cual ocurre cuando el **punzón se ha desplazado 2,25mm** y con unas **deformaciones de entre 1,907 y 2,288** en la **zona central**, siendo algo más elevadas en la zona de contacto de la chapa tanto con el punzón como con la placa matriz, con un **valor máximo de 3,432**.

### ➤ TENSIÓN DE VON MISES

A continuación, se va a realizar un estudio de los efectos y la evolución de la tensión de Von Mises en la chapa, concretamente en algunos de los puntos más significativos de la operación de corte.

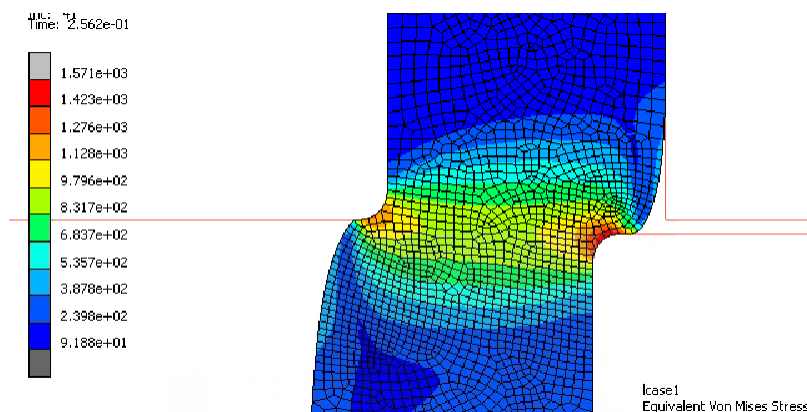


Figura 132. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,2562 seg. Fuente: Elaboración propia

Inicialmente las tensiones máximas se dan en la **zona de contacto** de la chapa con el punzón y la placa matriz, con unos valores máximos de **1432 MPa** y **831,7 MPa** en la **zona central**.

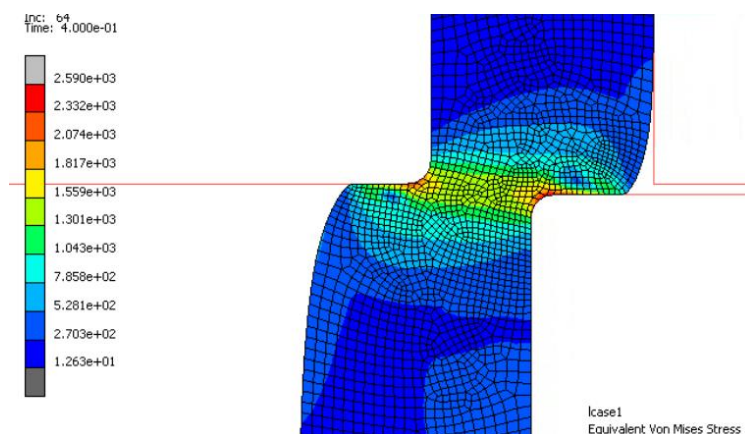


Figura 133. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia

A medida que el punzón desciende estas tensiones se van intensificando ya que la formación de las grietas impide la distribución de tensiones, tomando valores de **2332 MPa** en los **contactos** y **1301 MPa** en el **centro**.

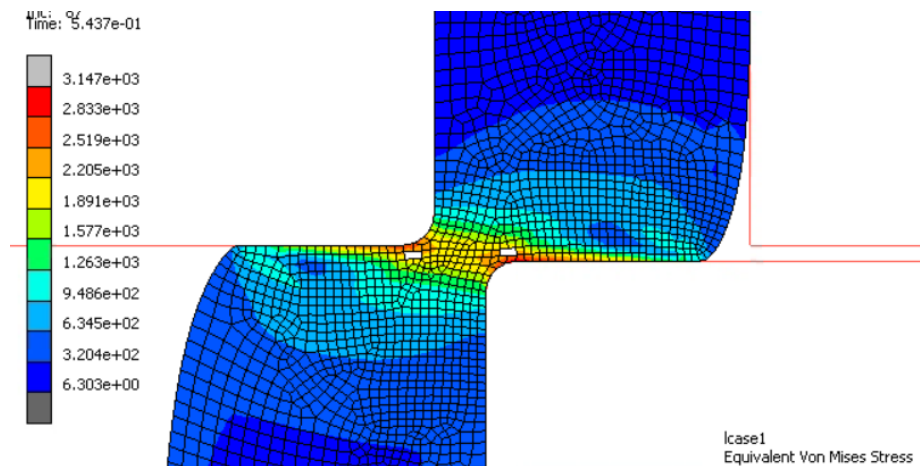


Figura 134. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia

Cuando la chapa **empieza a fracturarse** se producen las **tensiones máximas**, tomando valores de **2833 MPa** en las zonas de **contacto** y **1891 MPa** en la **zona central**.

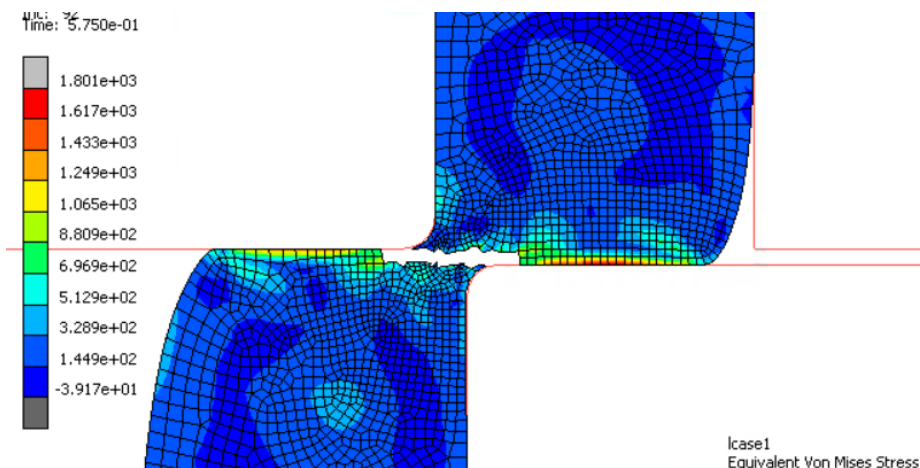


Figura 135. Tensión de Von Mises en la chapa a los 0,575 seg. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la fractura se propaga y **la chapa se corta completamente**, lo que provoca que las **tensiones disminuyan drásticamente**.



## ➤ DAÑO

Para la evaluación del daño se ha empleado el **modelo de Cockcroft & Latham**. A continuación, se va a realizar un estudio de los efectos y la evolución del daño en la chapa, concretamente en algunos de los puntos más significativos de la operación de corte.

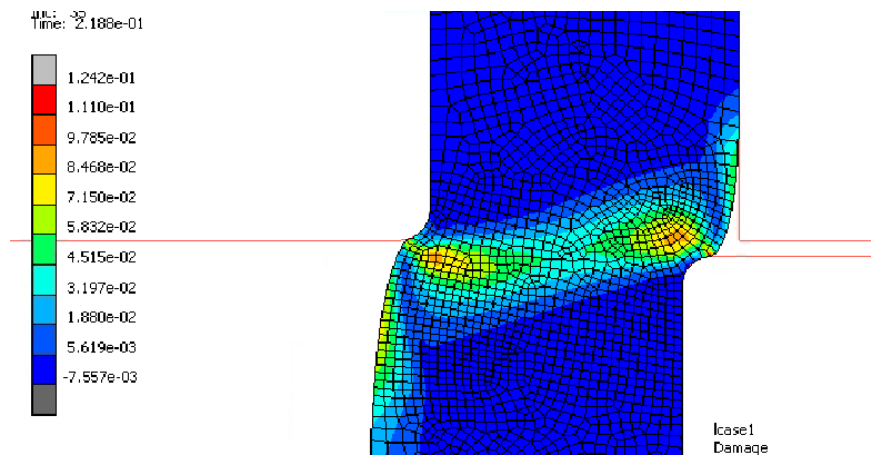


Figura 136. Daño en la chapa a los 0,2188 seg. Fuente: Elaboración propia

En esta imagen se puede ver como aparece cierto **daño en la zona de contacto entre la chapa y la placa guía** debido a que el punzón ha empezado a introducirse en la chapa.

Además, **comienza a originarse daño** tanto en la zona de contacto del punzón y de la placa matriz con la chapa, como en la sección longitudinal de la misma.

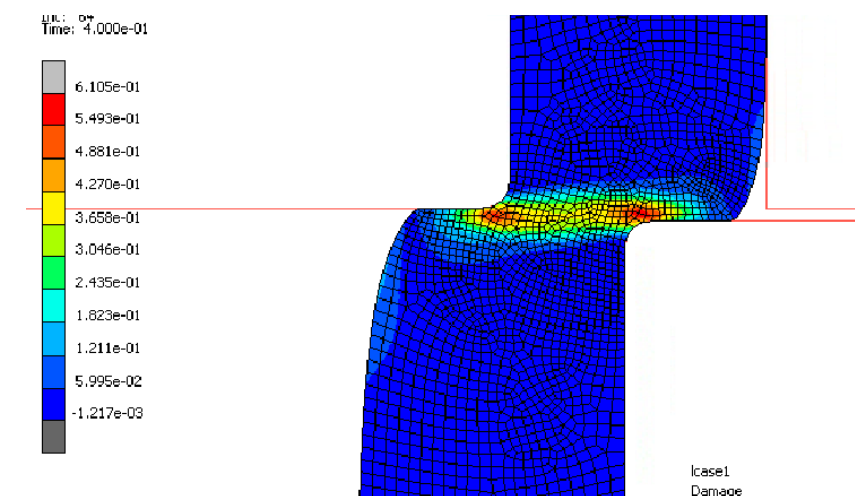


Figura 137. Daño en la chapa a los 0,4 seg. Fuente: Elaboración propia

A medida que el punzón continúa su trayectoria descendente, el valor del **daño va aumentando**, de tal forma que cuando el punzón ha descendido 1,6mm el valor del daño es de **0,5493**. En este momento **se originan las grietas** que posteriormente ocasionarán el corte de la chapa.

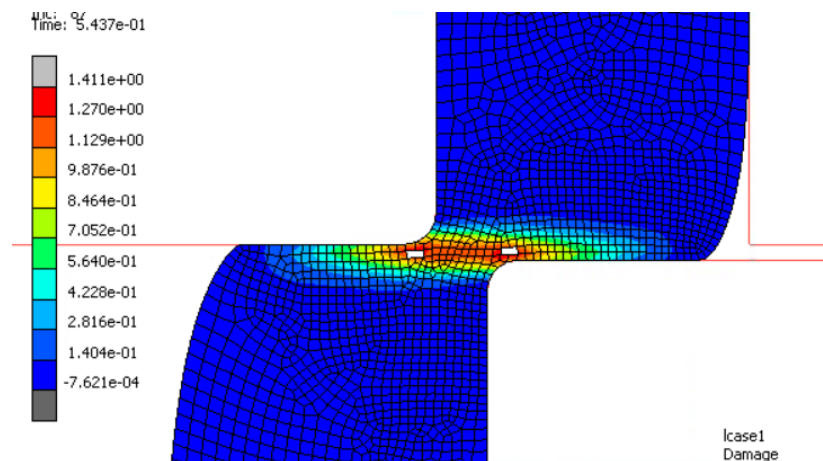


Figura 138. Daño en la chapa a los 0,5437 seg. Fuente: Elaboración propia

Cuando el punzón ha descendido 2,15 mm, las grietas han ido creciendo y propagándose, lo que provoca el **inicio la fractura de la chapa**, por lo que el **daño** es máximo en la zona central de esta y adquiere un valor de **1,27**.

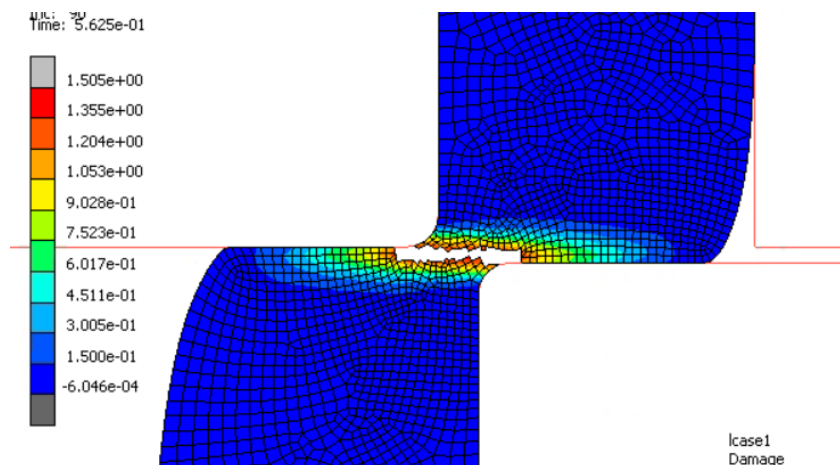


Figura 139. Daño en la chapa a los 0,5625 seg. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, cuando el punzón ha descendido 2,25 mm la fractura se propaga y se produce el **corte de la chapa**, con un valor de **daño** de **1,355**.

### 8.3. CORTE DE LA PIEZA CON PUNZÓN MALLADO

En esta simulación se va a repetir el corte de la chapa, pero en esta ocasión, se va a mallar el punzón con su geometría real para **ver dónde se producen las mayores tensiones y cuál es el valor de estas.**

De esta forma, se obtendrá más información acerca de cuál es la distribución de tensiones y se podrá realizar un cálculo de la vida a fatiga del punzón más preciso que el realizado en el *apartado 8.1.3.*

#### 8.3.1. Operaciones previas

##### ➤ MATERIAL Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

En este caso es necesario crear un nuevo material, y al igual que en la anterior simulación, los parámetros que se introducen son el **módulo de elasticidad** (210 GPa) y el **coeficiente de poisson** (0,28) del acero para herramientas F-5229.

En cuanto a las propiedades geométricas, también se ha seleccionado una **propiedad geométrica estructural axisimétrica sólida.**

##### ➤ CUERPOS DE CONTACTO

Partiendo de la simulación anterior, se ha sustituido el cuerpo de contacto rígido que representaba el **punzón** por un **cuerpo deformable** con la geometría real del punzón.

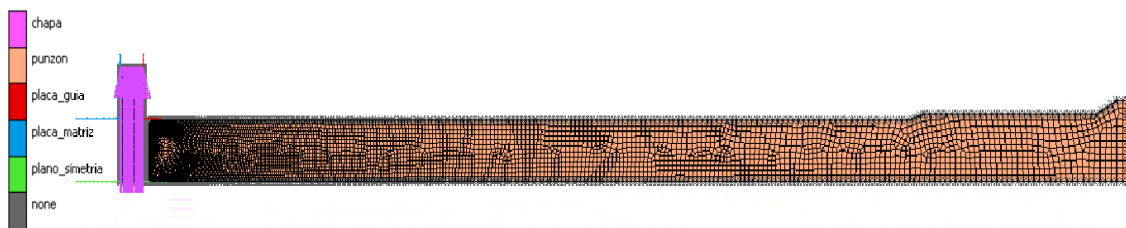


Figura 140. Cuerpos de contacto simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia

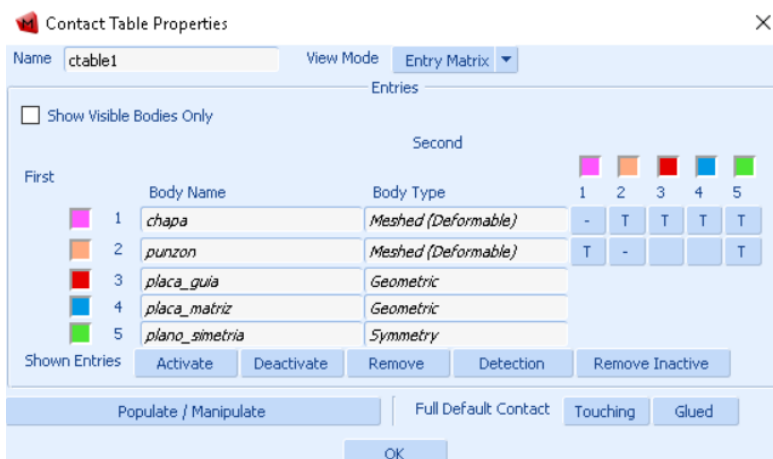


Figura 141. Tabla de contactos simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia

### ➤ MALLADO

Se ha realizado un mallado subdividiendo las curvas de la base inferior del punzón en trozos de 0,05 mm, y para el resto de las curvas se ha realizado una subdivisión variable que vaya de 0,05 hasta 0,5 mm. De este modo, se consigue un mayor número de elementos en la zona de interés.

### ➤ CONDICIONES DE CONTORNO

Dado que en este caso el punzón es un cuerpo deformable, el **control de su posición** ya no se realiza mediante el uso de la tabla tiempo, sino que se realiza mediante la **aplicación de condiciones de contorno**.

Por ello, se ha aplicado un “**fix displacement**” en los nodos de la parte superior de la cabeza del punzón con un **valor de -4 en el eje X**. De esta forma se consigue que el punzón se desplace los 4mm al igual que en la simulación anterior.

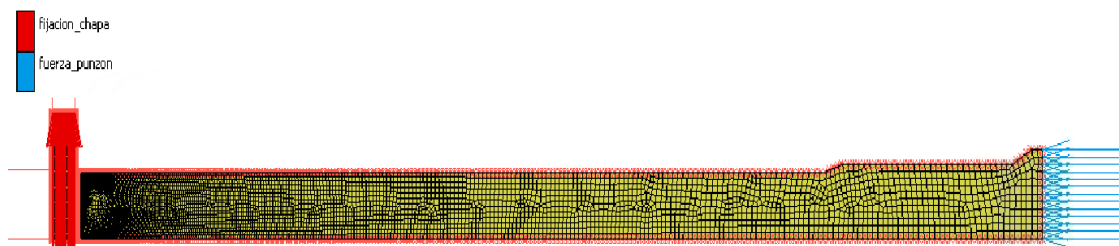


Figura 142. Condiciones de contorno simulación corte con punzón mallado. Fuente: Elaboración propia

### 8.3.2. Resultados

A continuación, se va a estudiar dónde se producen las máximas tensiones en el punzón y cuál es su valor para diferentes incrementos de cálculo:

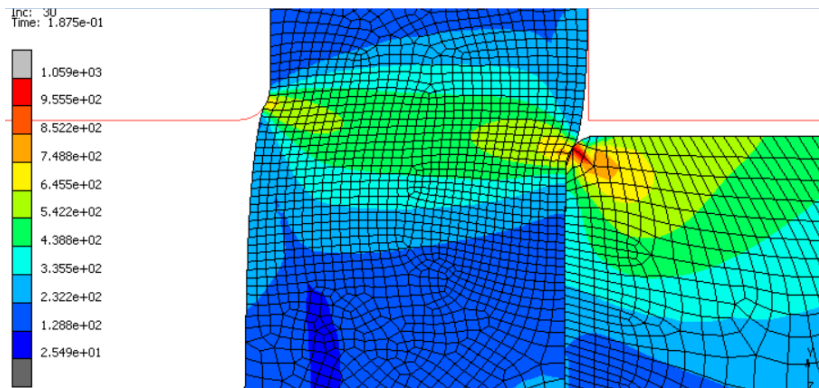


Figura 143. Tensiones de Von Mises al inicio del contacto chapa-punzón. Fuente: Elaboración propia

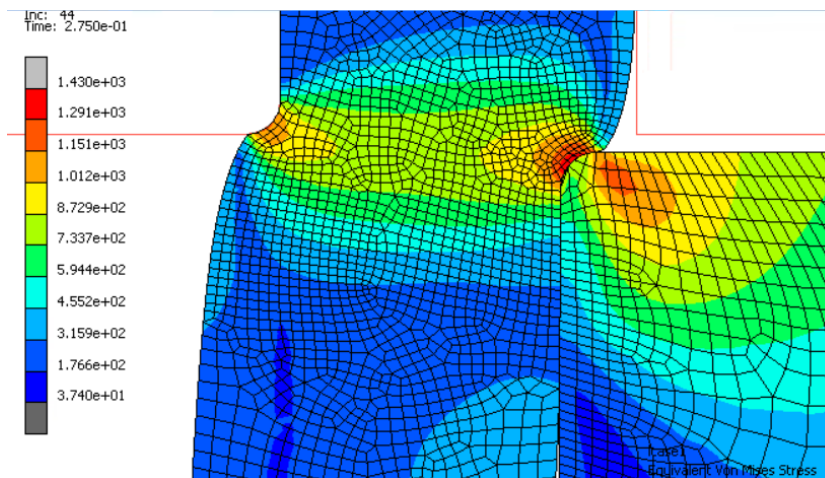


Figura 144. Tensión máxima de Von Mises en el punzón. Fuente: Elaboración propia

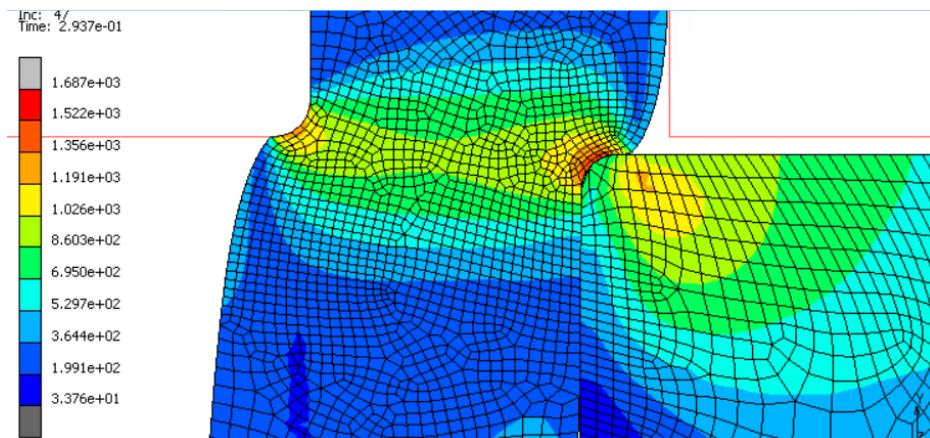


Figura 145. Disminución de la tensión de Von Mises en el punzón. Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, **las tensiones máximas se producen en el radio de acuerdo** del punzón, por lo que esta zona será la más susceptible al desgaste.

Esto sucede porque la chapa se dobla ligeramente en la parte central, lo que hace que el punzón haga contacto con la chapa con la zona exterior, lo que provoca que sea en este punto donde las tensiones adopten valores mayores.

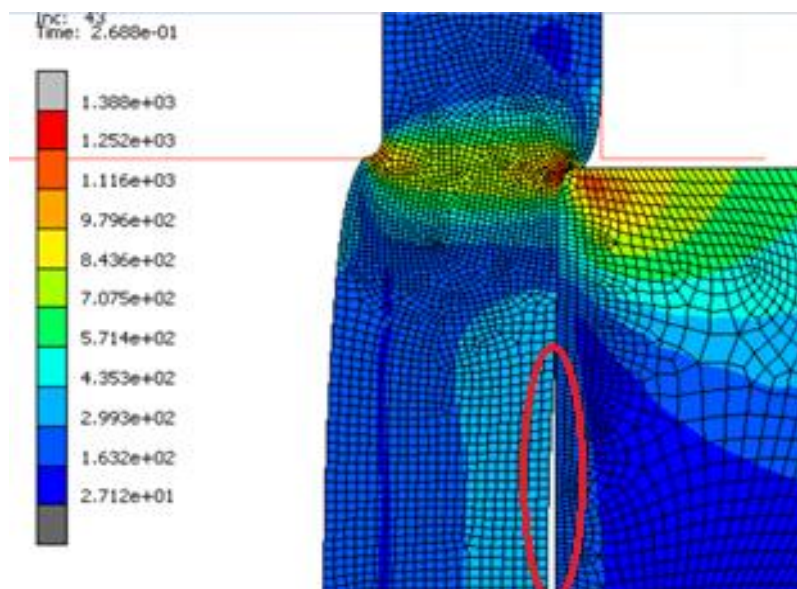


Figura 146. Pandeo de la chapa al cortarse. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, viendo los diferentes incrementos de cálculo, la **tensión máxima** toma un valor de **1151 MPa**.

### 8.3.3. Estudio a fatiga del punzón interior 2

Una vez conocida la tensión máxima que se produce en el punzón, se procede a calcular la vida a fatiga de este del mismo modo que en el *apartado 8.1.3*:

$$\frac{\sigma_a}{S_f} = \frac{1}{c \cdot s}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{i}n}}{2} = \frac{1151 + 0}{2} = 575,5 \text{ MPa}$$

En este caso, dado que ya se está teniendo en cuenta el endurecimiento por deformación de la chapa y el valor de la tensión máxima es más exacto, se ha optado por emplear un coeficiente de seguridad menos restrictivo, por lo que **c.s = 1,5**:

$$\frac{575,5}{S_f} = \frac{1}{1,5} \rightarrow S_f = 575,5 \cdot 1,5 = \mathbf{863,25 \text{ MPa}}$$

Por último, interpolando en las curvas S-N para una carga axial, teniendo que el eje X se encuentra en escala logarítmica:

$$\frac{\log_{10}(0,75 \cdot 1930) - \log_{10}(863,25)}{\log_{10}(0,75 \cdot 1930) - \log_{10}(521,16)} = \frac{3 - \log_{10}(N)}{3 - 6}$$

Por tanto, despejando se obtiene una vida del punzón de **N=32.959 ciclos**, por lo que sería posible la fabricación de los 25.000 abrebotellas.

Sin embargo, **el desgaste que sufre la herramienta en el radio de acuerdo podría disminuir este número de ciclos**, por lo que será necesario comprobar con cierta frecuencia el estado de los punzones por si fuera necesario realizar un recambio de alguno de ellos.



## 9. PRENSA SELECCIONADA

La fuerza que tiene que ejercer la prensa para realizar el corte de la pieza será la **suma de todas las fuerzas implicadas**, es decir, la suma de la fuerza de corte, expulsión y extracción.

Además, **se aplicará un factor de seguridad** obtenido de la simulación del corte de la chapa realizada en el *apartado 8.2.2* para asegurarse de que el corte realizado sea correcto, ya que es necesario tener en cuenta el endurecimiento por deformación plástica del material.

Además, de esta forma se conseguirá que la prensa no tenga que trabajar a su capacidad máxima, lo que supondría una menor vida útil de la máquina.

De esta forma, la fuerza necesaria que debe ejercer la prensa es la siguiente:

$$\begin{aligned} F_{prensa} &= c.s \cdot (F_c + F_{ext} + F_{exp}) = 1,25 \cdot (408,386 + 40,839 + 6,126) \text{ kN} \\ &= 569,188 \text{ kN} = \mathbf{56,9188 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Como se ha mencionado en apartados anteriores, las prensas hidráulicas son normalmente usadas para piezas de grandes dimensiones, por lo que la selección de la prensa está orientada hacia las prensas mecánicas, concretamente las de excéntrica, ya que las de husillo aportan un rendimiento bajo.

Así pues, la prensa que mejor se ajusta a este caso concreto es la **PRENSA EXCÉNTRICA DE VOLANTE CENTRAL modelo PL21-63 del proveedor BIPRESS**.





Figura 147. Prensa seleccionada. Fuente: [21]

La **selección** de esta prensa se ha realizado **en base a su capacidad**, ya que las 63 toneladas son superiores a las 56,9188 toneladas necesarias, pero también se ha tenido en cuenta tanto las **dimensiones** de la mesa como la distancia entre la mesa y el cabezal, ya que es necesario asegurarse de que el troquel va a poder ir montado en la mesa.

Por tanto, tal y como se ha visto en el apartado 3.2.1, las **características necesarias para definir la prensa seleccionada** son las siguientes:

	CARACTERÍSTICAS PRENSA SELECCIONADA
Tipo	Mecánica excéntrica
Capacidad (ton)	63
Peso (kg)	6500
Carrera variable (mm)	10-150
Velocidad cabezal (golpes/min)	60-80
Dimensiones mesa (mm)	900 x 580
Espesor de la mesa (mm)	110
Distancia mesa-cabezal (mm)	300
Potencia del motor (kW)	7,5
Medidas exteriores (mm)	1680 x 1200 x 3050
Sistema seguridad	Válvula accionamiento doble

Tabla 21. Características de la prensa seleccionada. Fuente: Elaboración propia

## 10. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

A continuación, se van a comentar las conclusiones generales que resultan después de la elaboración del proyecto.

En primer lugar, se puede decir que **se ha cumplido con los objetivos marcados** al inicio del proyecto.

Por un lado, se ha conformado un troquel cuyos componentes tienen un **diseñado sencillo**, justificado en todo momento las distintas soluciones adoptadas que hacen esto posible desde un punto de vista **económicamente rentable**.

Por otro lado, la realización de distintas simulaciones ha hecho posible **justificar la producción de los 25.000 abrebotellas**, por lo que desde el **punto de vista resistente** también se han cumplido los objetivos marcados.

En segundo lugar, como líneas **futuras**, una vez alcanzada la producción establecida podría decirse que el desembolso económico realizado estaría amortizado, por lo que sería interesante realizar una **segunda producción** para obtener un mayor beneficio

En caso de ser así, de no haber sido necesario realizar un recambio de los punzones durante la primera producción, sería conveniente cambiar no solo el punzón interior 2, sino todos los punzones, ya que el desgaste producido en el perímetro exterior de los mismos puede haber modificado sus dimensiones iniciales.

## 11. NORMATIVA Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 11.1. NORMATIVA

*Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.* Norma UNE 157001:2014.

*Dibujos técnicos. Principios generales de representación.* Norma UNE 1032:1982

*Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.* Norma UNE 1039:1994

*Envases de vidrio. Abridores manuales de tapones corona para botellas. Dimensiones.* Norma UNE-EN-14798:2006

*Mangos roscados para herramientas de prensado.* Norma DIN 9859-3:1998-12

*Punzones cilíndricos con cabeza cónica a 60°.* Norma UNE 16730:1986

### 11.2. REFERENCIAS

- [1] A. Ginjaume Pujadas y F. Torre Crespo. *Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje* (2ª ed.). Madrid: Paraninfo, 2005.
- [2] “Cálculo y desarrollo de equipos para procesos de fabricación”, apuntes de la asignatura 245704, Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales, Univ. Púb. Navarra, Semestre de otoño 2018-2019.
- [3] T. López Navarro. *Troquelado y estampación* (5ª ed.). Barcelona: Gustavo Gili, 1976.

- 
- [4] M. Groover. *Fundamentos de manufactura moderna* (3ª ed.). Santa Fe: McGraw-Hill, 2007.
  
  - [5] “Alimentadores para prensas”, *Carboneras*, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.carboneras.biz/productos/alimentadores-para-prensas/alimentadores-neumaticos/>.
  
  - [6] “Líneas de alimentación a prensa”, *Dimeco*, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.dimeco.com/es/soluciones/lineas-de-alimentacion-prensa/>.
  
  - [7] “Alimentador neumático”, *Comtesa*, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.comtesa.com/estampacion/pa/pdf/Accesorios%20Para%20Prensas.pdf>.
  
  - [8] M. Rossi. *Estampado en frío de la chapa* (9ª ed.). Madrid: Dossat S.A, 1979.
  
  - [9] “Tendencia del precio del acero inoxidable en 2019”, *Conecband*, 2018. [En línea] Disponible en: <https://www.conecband.com/entrada/1191/tendencia-del-precio-del-acero-inoxidable-en-2019/>.
  
  - [10] J. León Iriarte, “Diseño de troqueles para la fabricación de la pieza soporte pulsador”, proyecto final de carrera, Univ. Púb. Navarra, 2014
  
  - [11] Catálogo No. A, Portamatrices, Fibro, [En línea]. Disponible en: [https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02\\_NORMALIEN/Kapitel\\_A/PDF/B2\\_HK\\_ES\\_Kapitel\\_A.pdf](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02_NORMALIEN/Kapitel_A/PDF/B2_HK_ES_Kapitel_A.pdf)

- [12] Catálogo No. D, Elementos de guía, Fibro. [En línea]. Disponible en:  
[https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02\\_NORMALIEN/Kapitel\\_D/PDF/B2\\_HK\\_ES\\_Kapitel\\_D.pdf](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02_NORMALIEN/Kapitel_D/PDF/B2_HK_ES_Kapitel_D.pdf).
- [13] Catálogo No. C, Elementos de transporte y sujeción, Fibro. [En línea]. Disponible en:  
[https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02\\_NORMALIEN/Kapitel\\_C/PDF/B2\\_HK\\_ES\\_Kapitel\\_C.pdf](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02_NORMALIEN/Kapitel_C/PDF/B2_HK_ES_Kapitel_C.pdf).
- [14] Catálogo No. F, Muelles/Resortes, Fibro [En línea]. Disponible en:  
[https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02\\_NORMALIEN/Kapitel\\_F/PDF/B2\\_HK\\_ES\\_Kapitel\\_F.pdf](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02_NORMALIEN/Kapitel_F/PDF/B2_HK_ES_Kapitel_F.pdf).
- [15] Catálogo No. E, Elementos de precisión, Fibro. [En línea]. Disponible en:  
[https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/EN/02\\_NORMALIEN/Kapitel\\_E/PDF/B2\\_HK\\_GB\\_Kapitel\\_E.pdf](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/EN/02_NORMALIEN/Kapitel_E/PDF/B2_HK_GB_Kapitel_E.pdf)
- [16] Catálogo elementos de unión normalizados, Wasi [En línea]. Disponible en:  
[https://www.wasi.de/fileadmin/user\\_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo\\_normalizado\\_2011.pdf](https://www.wasi.de/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo_normalizado_2011.pdf)
- [17] Catálogo tornillería, Royme. [En línea]. Disponible en:  
<https://royme.com/product-details/tornilleria/>
- [18] “Cálculo y diseño de máquinas”, apuntes de la asignatura 245605, Departamento de ingeniería mecánica, energética y de materiales, Univ. Púb. Navarra, Semestre de primavera 2018-2019.
- [19] W.D. Callister. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. (2ª ed.). Balderas: Limusa Wiley, 2012.

- [20] V. Karthik *et al.*, “Tensile properties of modified 9Cr-1Mo steel by shear punch testing and correlation with microstructures”, International Journal of Pressure Vessels and Piping, vol 8, no.10, 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308016111000810>.
- [21] Catálogo de prensas, Bipress. [En línea]. Disponible en: <https://bipress.com.ar/wp-content/uploads/2016/09/Catalogo-Bipress-web.pdf>.
- [22] E. García Blazquiz, “Diseño y cálculo de un troquel para la estampación en frío del soporte metálico de una pastilla de freno”, proyecto final de carrera, Univ. Púb. Navarra, 2012.
- [23] A. Olcoz Alonso, “Diseño de un troquel progresivo para la fabricación de discos de freno de bicicleta”, proyecto final de carrera, Univ. Púb. Navarra, 2016.
- [24] M. Serra Gasol, “Diseño de una matriz progresiva para chapa”, proyecto final de carrera, Univ. Pol. Cataluña, 2011
- [25] Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Oficina de Referencia.” Guía para citar y referenciar. IEE Style”. [En línea]. Disponible en: [http://www2.unavarra.es/gesadj/servicioBiblioteca/tutoriales/Citar\\_referenciar\\_\(IEEE\).pdf](http://www2.unavarra.es/gesadj/servicioBiblioteca/tutoriales/Citar_referenciar_(IEEE).pdf)

Pamplona, a 9 de junio de 2020

Firmado por el estudiante de ingeniería con DNI 44642644-N



Miguel Abárzuza Martínez

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y cálculo de un troquel para la fabricación de un abrebotellas

## DOCUMENTO N°2: PLANOS



Grado en Ingeniería Mecánica

## Trabajo Fin de Grado

Miguel Abárzuza Martínez

Tutor: Daniel Salcedo Pérez

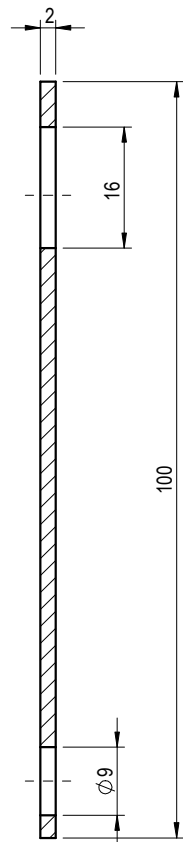
Pamplona, a 9 de junio de 2020



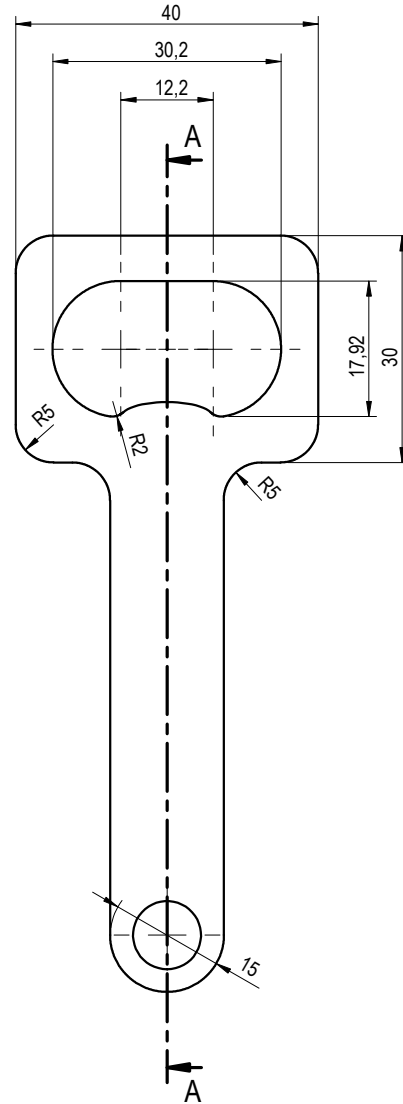


## INDICE DE PLANOS

1. **PIEZA A FABRICAR:** 245890\_1920\_000
2. **PLANO DE CONJUNTO:** 245890\_1920\_100
3. **PLACA BASE SUPERIOR:** 245890\_1920\_100\_001
4. **PLACA SUFRIDERA SUPERIOR:** 245890\_1920\_100\_002
5. **PLACA PORTAPUNZONES:** 245890\_1920\_100\_003
6. **PUNZÓN INTERIOR 1:** 245890\_1920\_100\_004
7. **PUNZÓN INTERIOR 2:** 245890\_1920\_100\_005
8. **PUNZÓN EXTERIOR:** 245890\_1920\_100\_006
9. **PLACA GUÍA DE PUNZONES:** 245890\_1920\_100\_007
10. **PLETINA LATERAL IZQUIERDA:** 245890\_1920\_100\_008
11. **PLETINA LATERAL DERECHA:** 245890\_1920\_100\_009
12. **TORNAPUNTAS SUPERIOR:** 245890\_1920\_100\_010
13. **TORNAPUNTAS INFERIOR:** 245890\_1920\_100\_011
14. **PLACA MATRIZ:** 245890\_1920\_100\_012
15. **PLACA SUFRIDERA INFERIOR:** 245890\_1920\_100\_013
16. **PLACA BASE INFERIOR:** 245890\_1920\_100\_014



A-A



upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T

TITULACIÓN:  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA, ENERGÉTICA  
Y DE MATERIALES

PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA  
LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS

DENOMINACIÓN:  
ABREBOTELLAS

MATERIAL:  
AISI 304

TRATAMIENTO:

PESO (g): 27.15  
Nº REFERENCIA: 245890\_1920\_000

#### ESPECIFICACIONES GENERALES

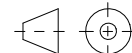
TOLERANCIAS: ISO 2768mK  
ACABADOS SUPERFICIALES: N9  
MATAR ARISTAS: 0.5X45°  
UNIDADES: mm

PROYECTISTA:  
ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL

FIRMA:

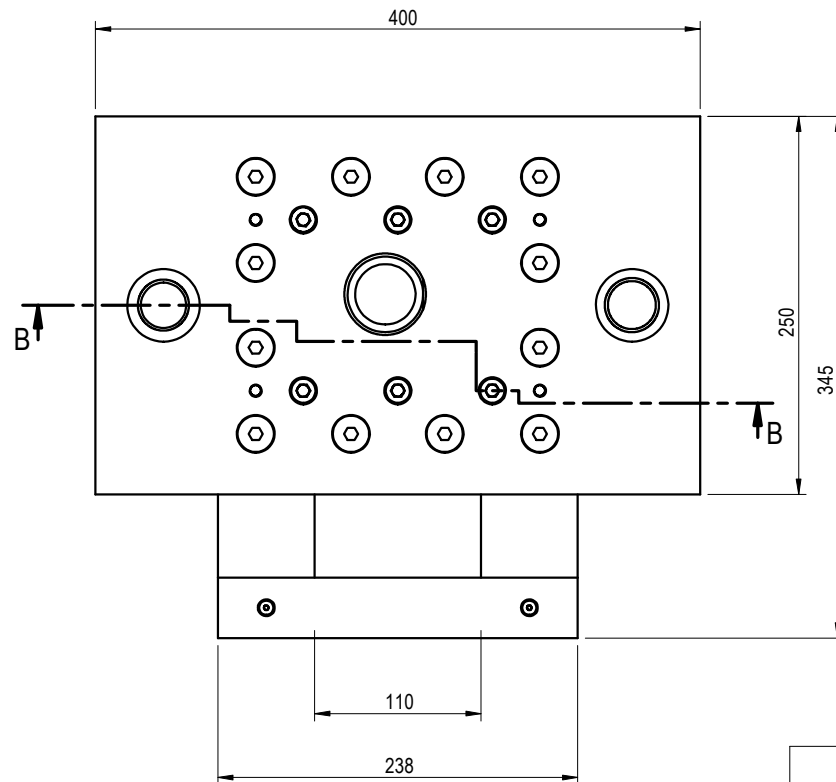
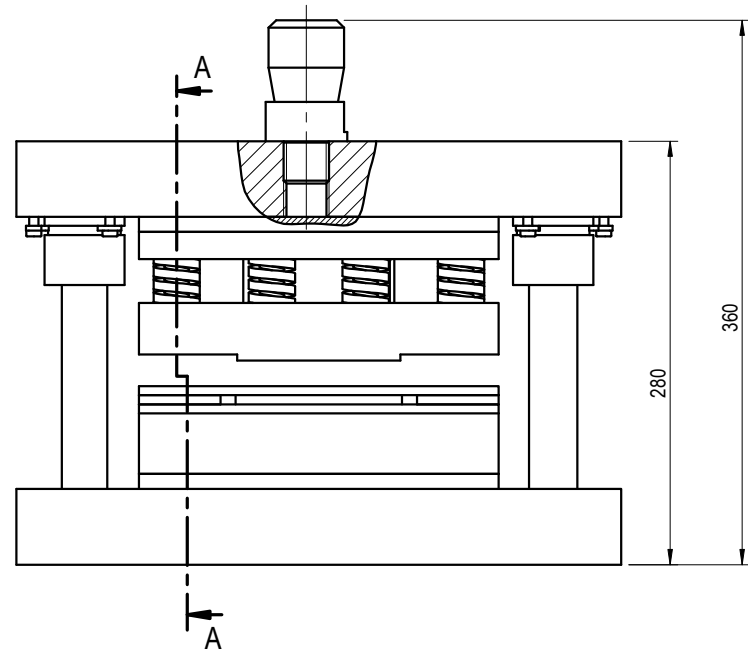
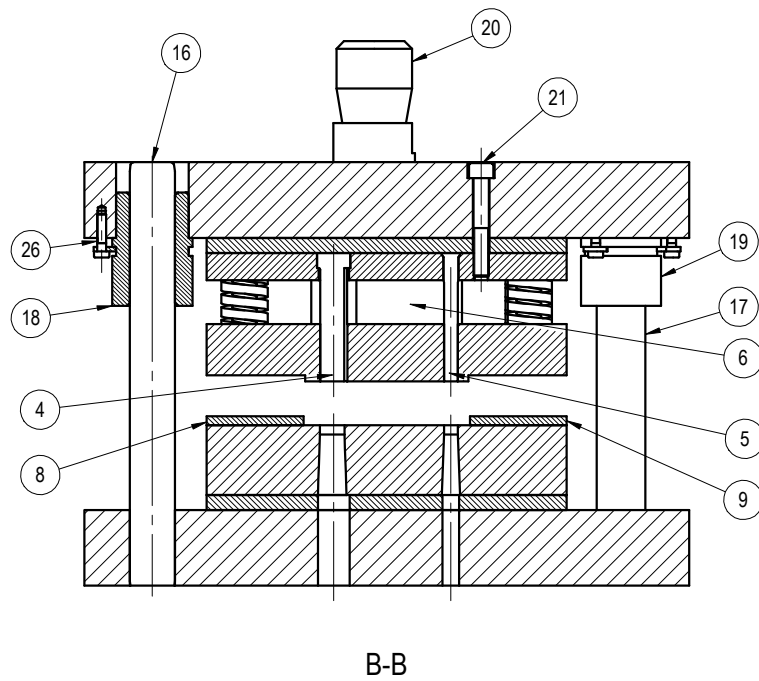
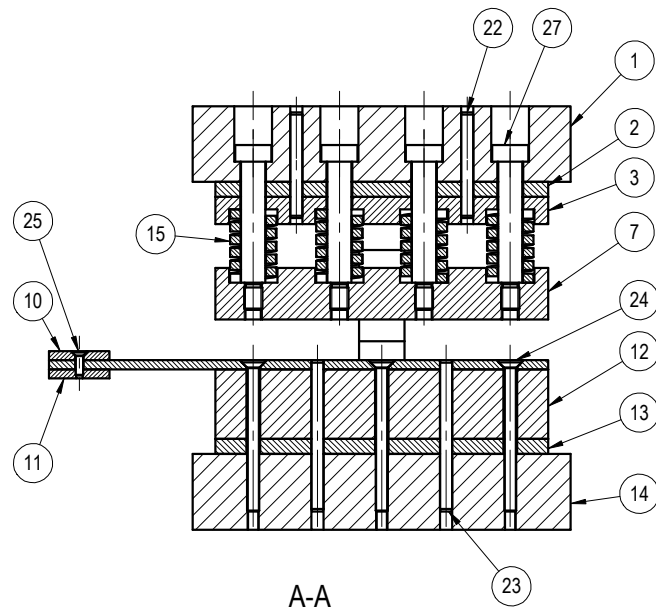
FECHA:  
09/06/2020

Nº PLANO:  
1


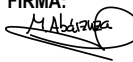
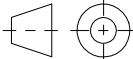


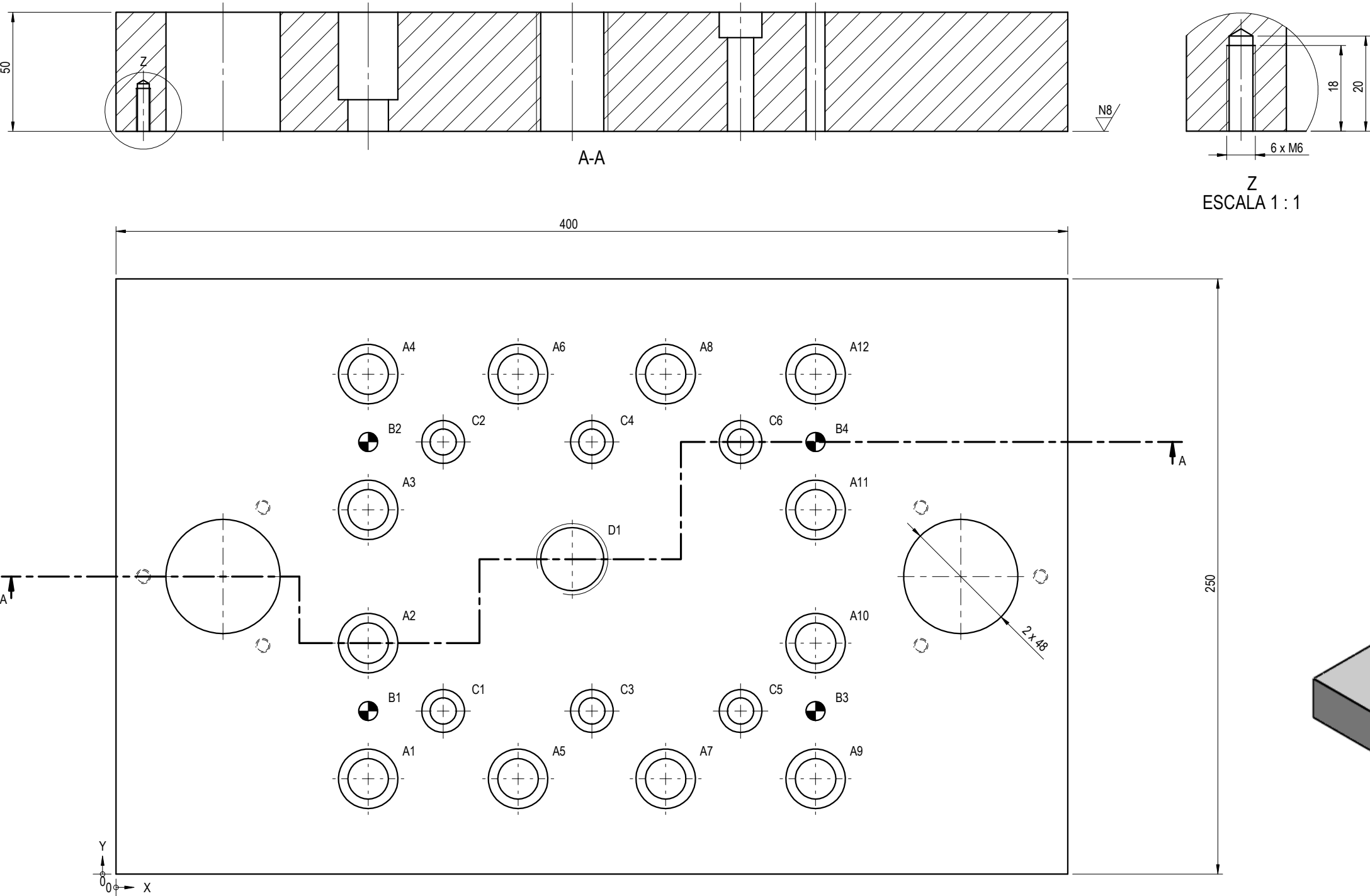
FORMATO:  
A4

ESCALA:  
1:1

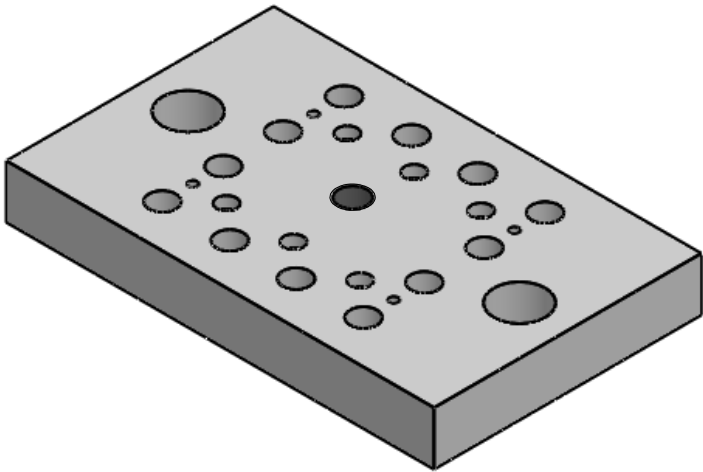


Nº ELEMENTO	Nº REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.
1	245890_1920_100_001	PLACA BASE SUPERIOR	F-1140	1
2	245890_1920_100_002	PLACA SUFRIDERA SUPERIOR	F-5229	1
3	245890_1920_100_003	PLACA PORTAPUNZONES	F-1140	1
4	245890_1920_100_004	PUNZÓN INTERIOR 1	F-5229	1
5	245890_1920_100_005	PUNZÓN INTERIOR 2	F-5229	1
6	245890_1920_100_006	PUNZÓN EXTERIOR	F-5229	1
7	245890_1920_100_007	PLACA GUÍA DE PUNZONES	F-1140	1
8	245890_1920_100_008	PLETINA LATERAL IZQUIERDA	F-5229	1
9	245890_1920_100_009	PLETINA LATERAL DERECHA	F-5229	1
10	245890_1920_100_010	TORNAPUNTAS SUPERIOR	F-5229	1
11	245890_1920_100_011	TORNAPUNTAS INFERIOR	F-5229	1
12	245890_1920_100_012	PLACA MATRIZ	F-5229	1
13	245890_1920_100_013	PLACA SUFRIDERA INFERIOR	F-5229	1
14	245890_1920_100_014	PLACA BASE INFERIOR	F-1140	1
15	241.17.32.051	MUELLE HELICOIDAL	F-1430	12
16	202.19.030.280.10	COLUMNA GUÍA IZQUIERDA	ACERO TEMPLADO	1
17	202.19.032.280.10	COLUMNA GUÍA DERECHA	ACERO TEMPLADO	1
18	2081.34.030.10	CASQUILLO GUÍA IZQUIERDO	HIERRO SINTERIZADO	1
19	2081.34.032.10	CASQUILLO GUÍA DERECHO	HIERRO SINTERIZADO	1
20	211.12.50.030	VÁSTAGO	F-1140	1
21	ISO 4762 M10 x 65 - 32N	TORNILLO ALLEN CABEZA CILÍNDRICA M10 x 65		6
22	ISO 8734 - 8 x 70 - A - St	PASADOR CILÍNDRICO Ø8 x 70		4
23	ISO 8734 - 8 x 80 - A - St	PASADOR CILÍNDRICO Ø8 x 100		4
24	ISO 10642 - M8 x 100	TORNILLO ALLEN CABEZA CÓNICA M8 x 100		6
25	ISO 10642 - M5 x 16 - 16N	TORNILLO ALLEN CABEZA CÓNICA M5 x 16		2
26	DIN 6912 - M6 x 25 --- 19.5N	TORNILLO ALLEN CABEZA CILÍNDRICA M6 x 25		6
27	ISO 7379 12 x 80	TOPE GUÍA		12

<div> upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		<b>ESPECIFICACIONES GENERALES:</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768 mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N9  MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b>  PLANO DE CONJUNTO TROQUEL				
	<b>MATERIAL:</b>				
<b>E.T.S.I.I.T</b>					
<b>TITULCIÓN:</b>  GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b>		<b>PROYECTISTA:</b>  ABÁRZUZA MARTÍNEZ, MIGUEL		
<b>DEPARTAMENTO:</b>  DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (Kg):</b>  129,5		<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b>  09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b>  2
	<b>Nº REFERENCIA:</b>  245890_1920_100			<b>FORMATO:</b>  A3	<b>ESCALA:</b>  1:5


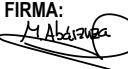
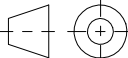


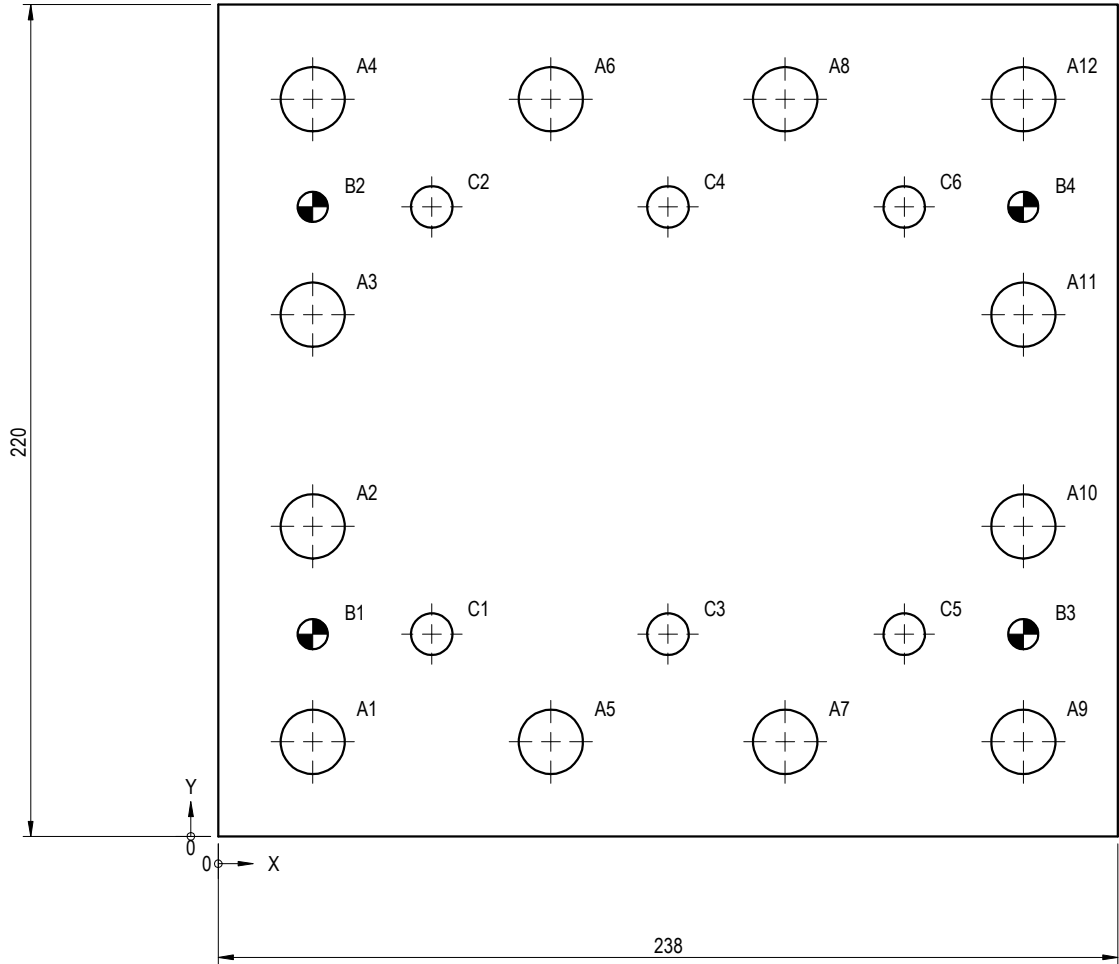
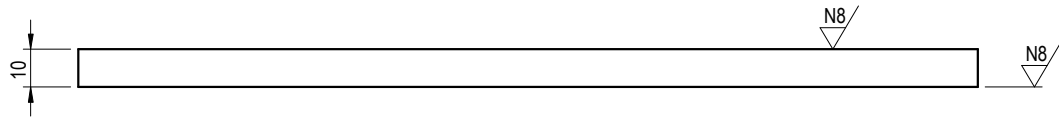
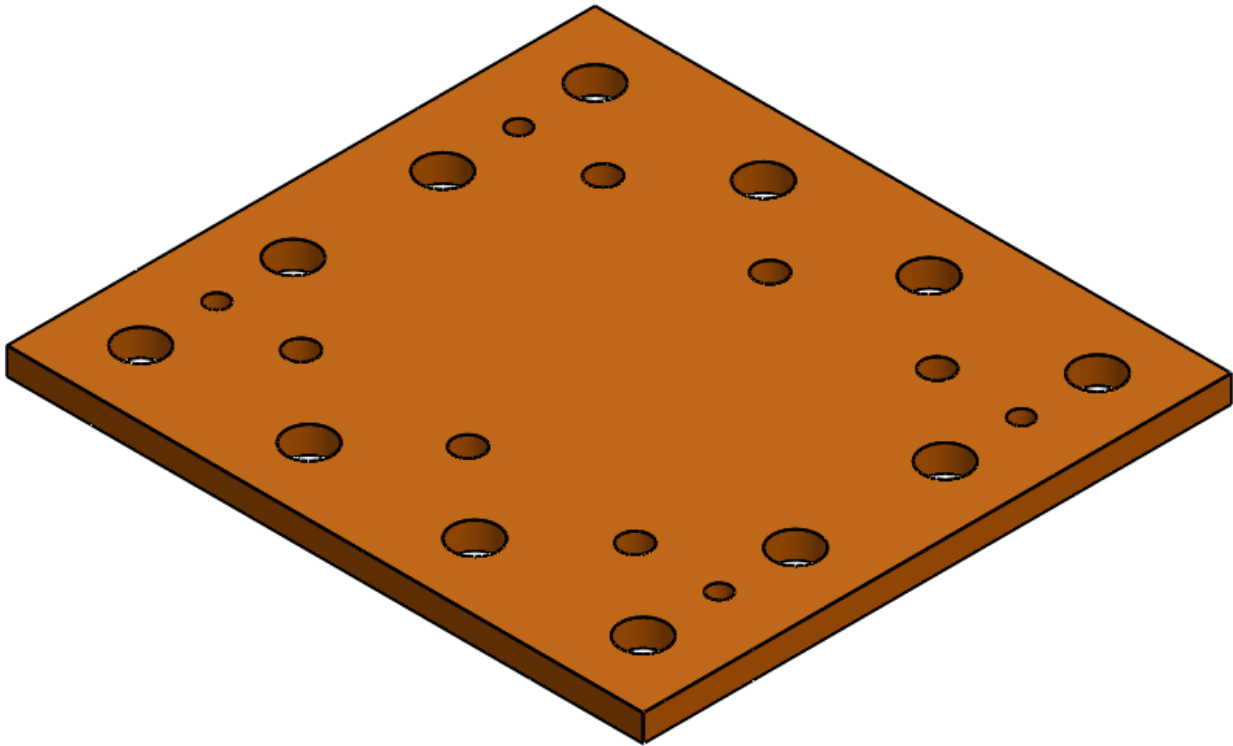
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	106	40	Ø 17 POR TODO □ Ø 25 ▽ 36,75
A2	106	97	
A3	106	153	
A4	106	210	
A5	169	40	
A6	169	210	
A7	231	40	
A8	231	210	
A9	294	40	
A10	294	97	
A11	294	153	
A12	294	210	
B1	106	68,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	106	181,5	
B3	294	68,5	
B4	294	181,5	
C1	137,5	68,5	Ø 11 POR TODO □ Ø 18 ▽ 10,60
C2	137,5	181,5	
C3	200	68,5	
C4	200	181,5	
C5	262,5	68,5	
C6	262,5	181,5	
D1	191,75	132,27	Ø 26,5 POR TODO M30 - 6H POR TODO




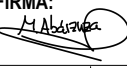
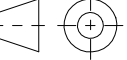
VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:5

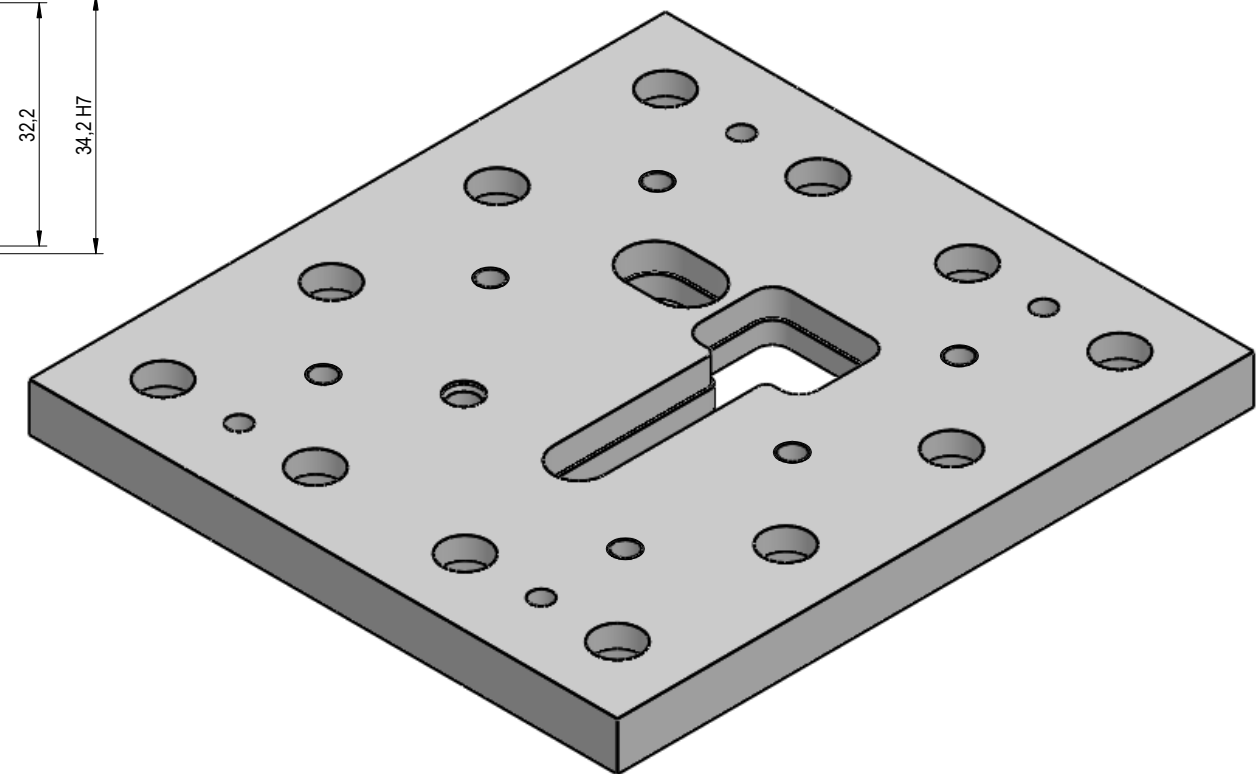
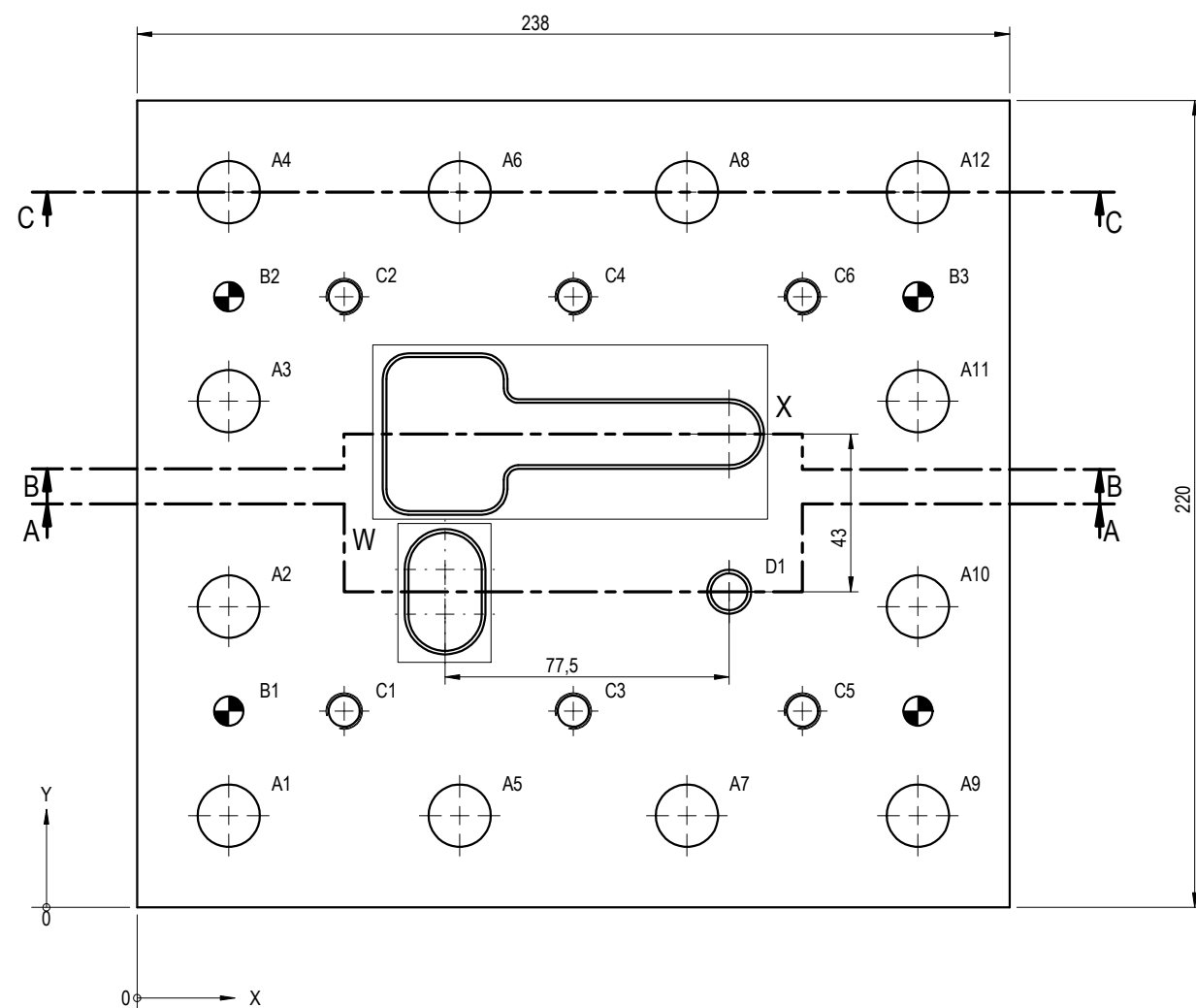
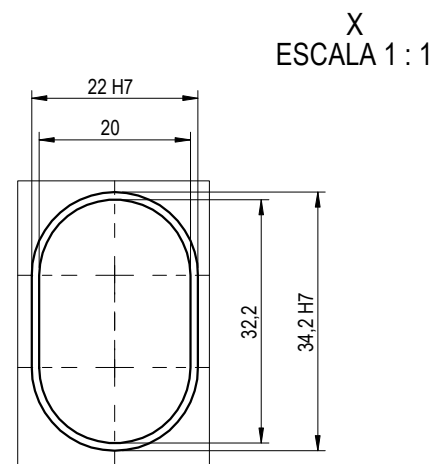
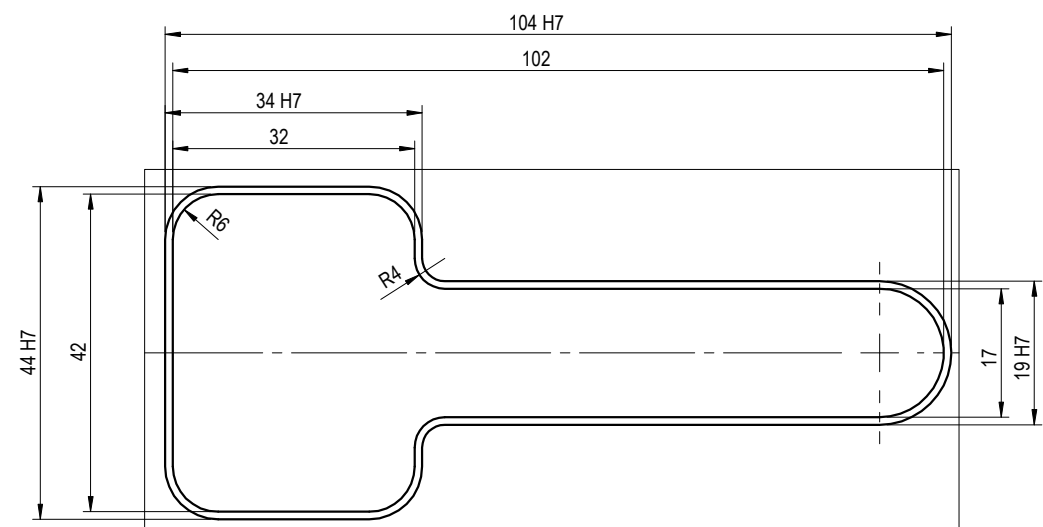
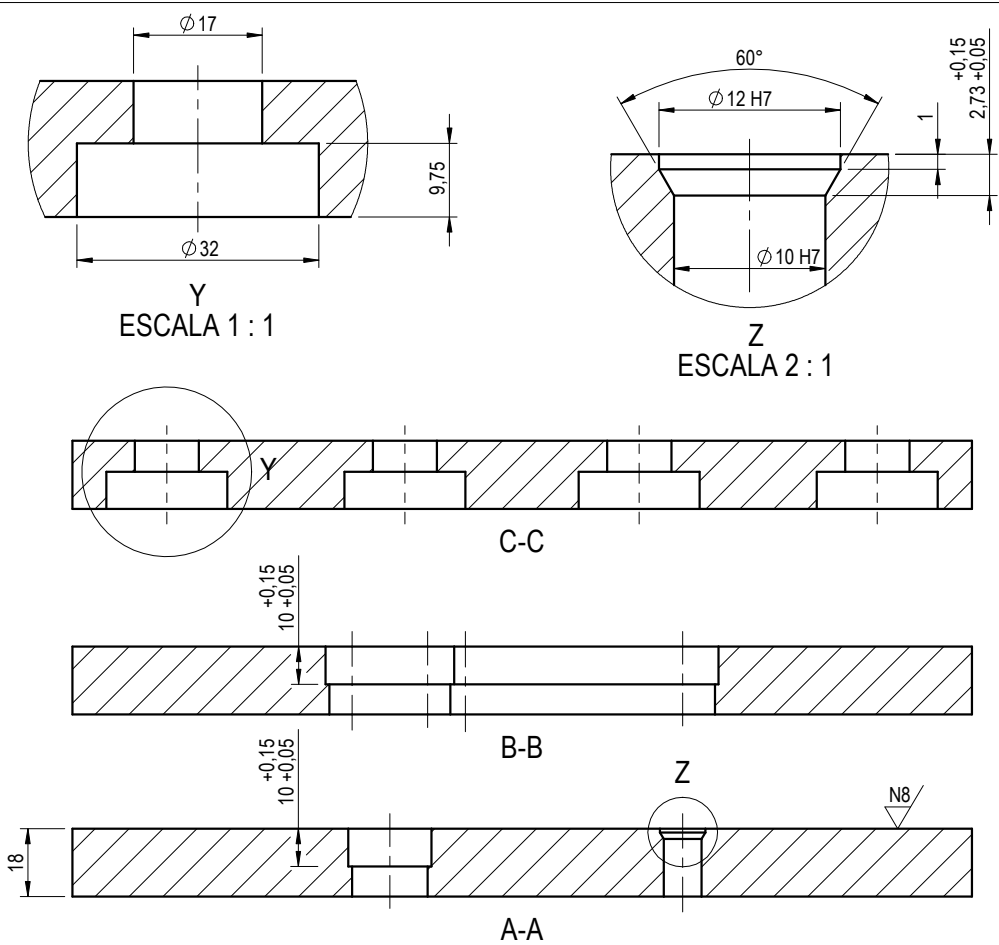
LOS AGUJEROS PARA ALOJAR LOS CASQUILLOS GUÍA Y LOS AGUJEROS PARA ATORNILLAR LOS CASQUILLOS GUÍA  
A LA CARA INFERIOR DE LA PLACA BASE SUPERIOR VIENEN REALIZADOS POR EL FABRICANTE

 Universitat Pública de Navarra Navarra's Open Universities	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLACA BASE SUPERIOR		TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-1140		ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
E.T.S.I.I.T	TRATAMIENTO:		MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
	PESO (Kg): 35		UNIDADES: mm		
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_001		PROYECTISTA: ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
TITULCIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA		FIRMA: 		FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 3
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES				FORMATO: A3	ESCALA: 1:2


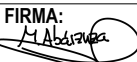



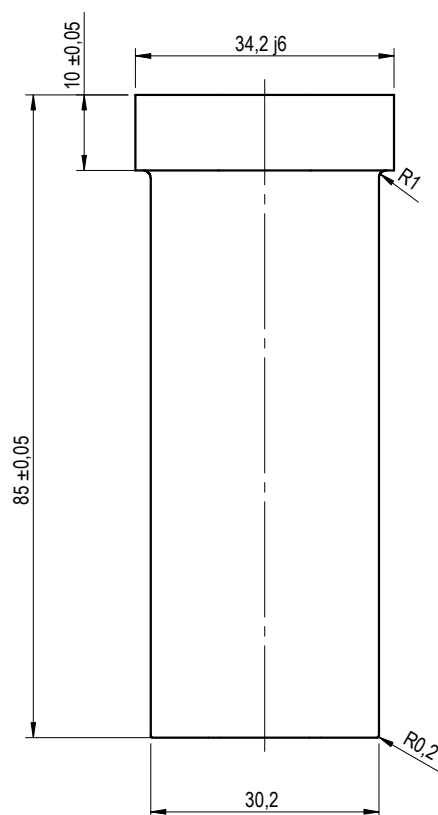
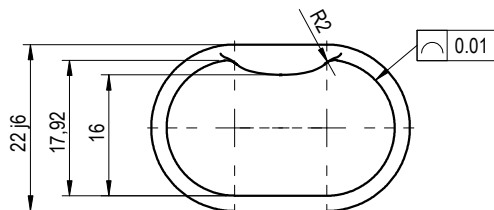
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	25	25	Ø 17 POR TODO
A2	25	82	
A3	25	138	
A4	25	195	
A5	88	25	
A6	88	195	
A7	150	25	
A8	150	195	
A9	213	25	
A10	213	82	
A11	213	138	
A12	213	195	
B1	25	53,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	25	166,5	
B3	213	53,5	
B4	213	166,5	
C1	56,5	53,5	Ø 11 POR TODO
C2	56,5	166,5	
C3	119	53,5	
C4	119	166,5	
C5	181,5	53,5	
C6	181,5	166,5	


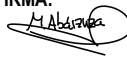
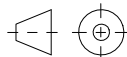
 <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small> <b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES:</b> TOLERANCIAS: ISO 2768 mK ACABADOS SUPERFICIALES: N9 MATAR ARISTAS: 0,5 x 45° UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PLACA SUFRIDERA SUPERIOR			
	<b>MATERIAL:</b> F-5229			
<b>TITULCIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b>	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARTÍNEZ, MIGUEL		
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (Kg):</b> 3,72	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 4
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_002		<b>FORMATO:</b> A3	<b>ESCALA:</b> 1:2

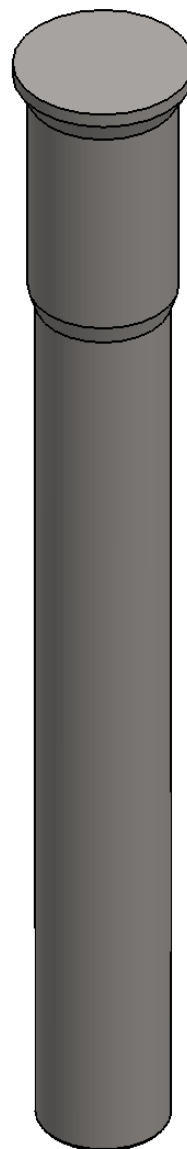
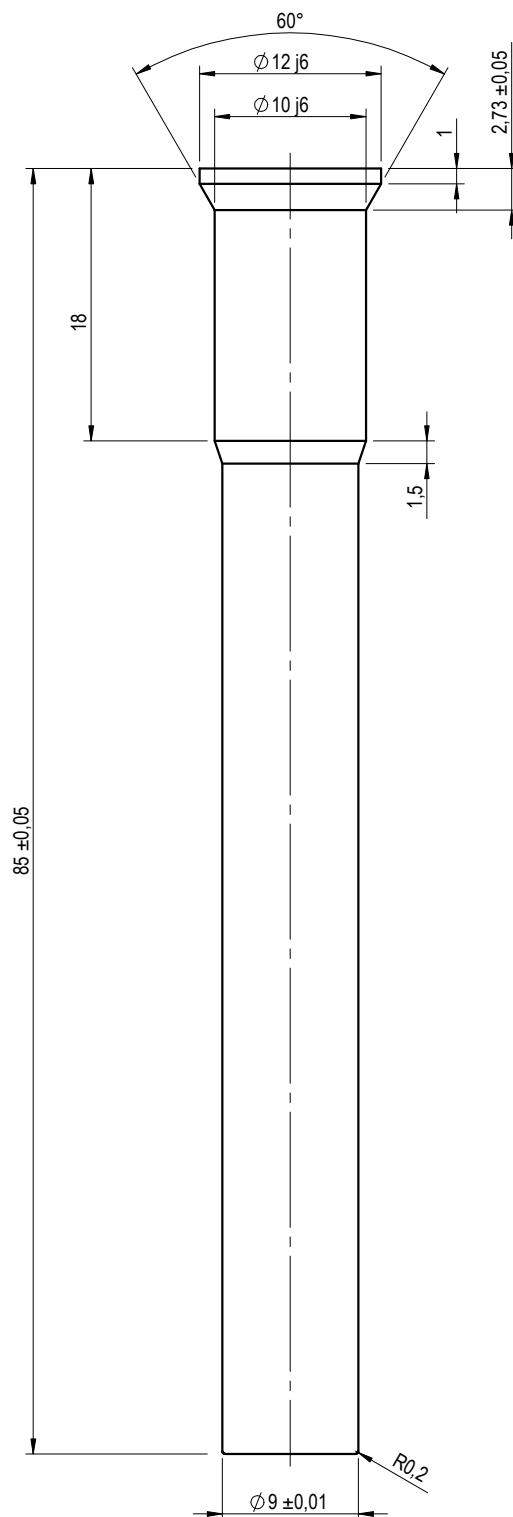



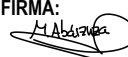
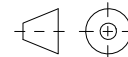
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	25	25	VER DETALLE Y
A2	25	82	
A3	25	138	
A4	25	195	
A5	88	25	
A6	88	195	
A7	150	25	
A8	150	195	
A9	213	25	
A10	213	82	
A11	213	138	
A12	213	195	
B1	25	53,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	25	166,5	
B3	213	166,5	
C1	56,50	53,5	Ø 8,50 POR TODO M10 - 6H POR TODO
C2	56,50	166,5	
C3	119	53,5	
C4	119	166,5	
C5	181,50	53,5	
C6	181,50	166,5	
D1	161,5	86,05	VER DETALLE Z

 Universitat Pública de Navarra Navarra's Open University	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLACA PORTAPUNZONES		TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-1140		ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
E.T.S.I.I.T	TRATAMIENTO:		MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
	PESO (Kg): 5,9		UNIDADES: mm		
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_003		PROYECTISTA: ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	FIRMA: 		FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 5	
			FORMATO: A3	ESCALA: 1:2	

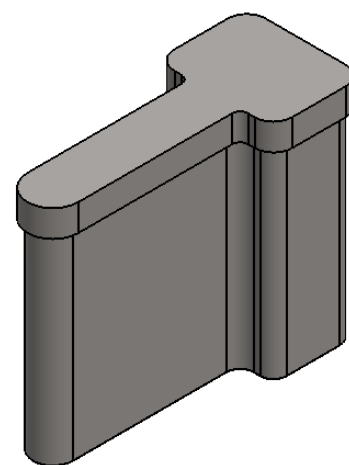
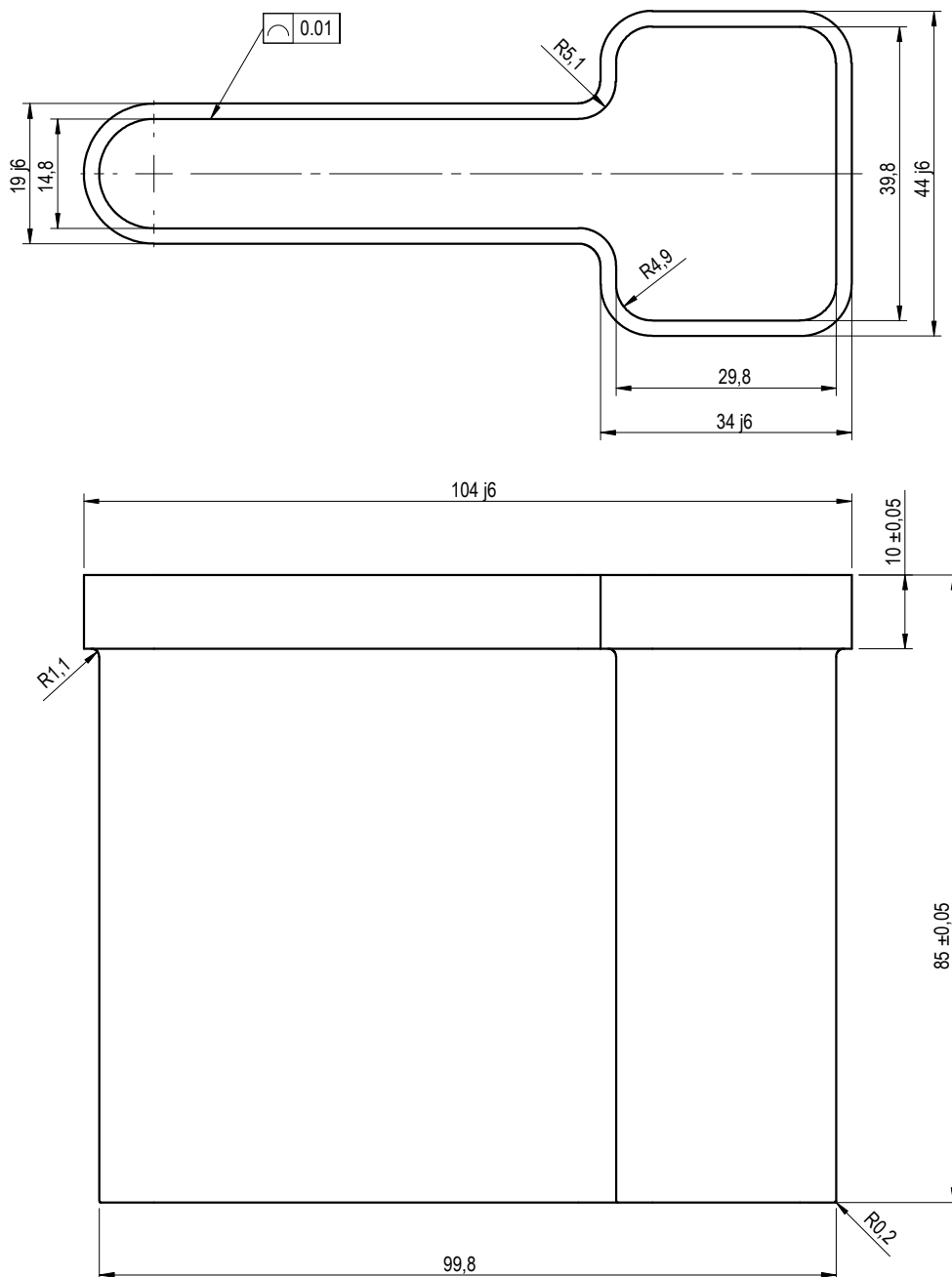


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N6  MATAR ARISTAS: 0.5X45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PUNZÓN INTERIOR 1			
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>MATERIAL:</b> F-5229	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL		
<b>TITULACIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b> RECOCIDO, TEMPLE Y REVENIDO			
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (g):</b> 308.87	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 6
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_004		<b>FORMATO:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:1


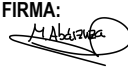
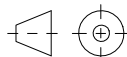


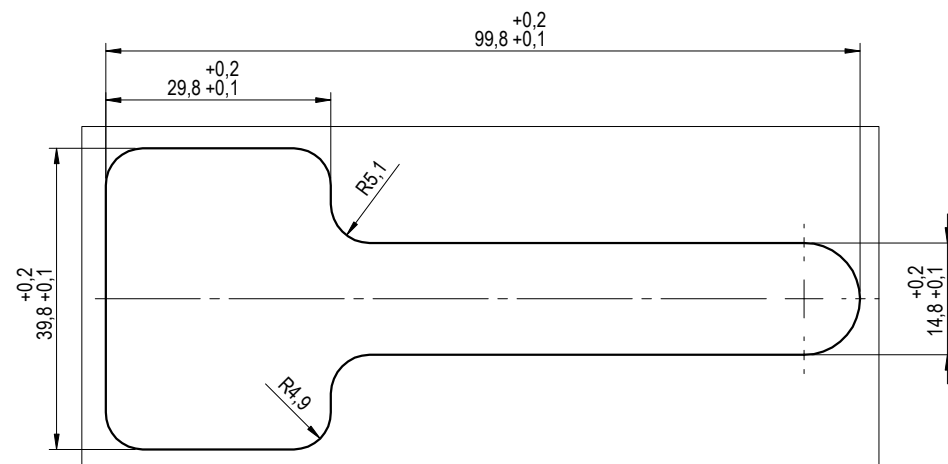
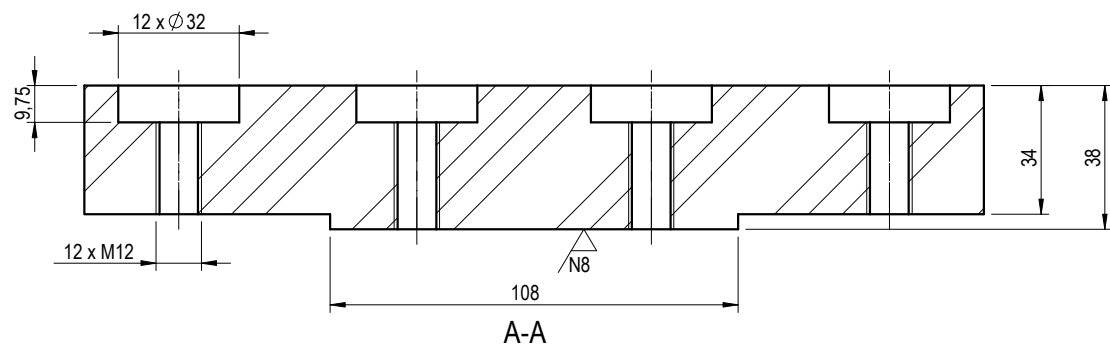
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N6  MATAR ARISTAS: 0.5X45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PUNZÓN INTERIOR 2			
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>MATERIAL:</b> F-5229			
<b>TITULACIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b> RECOCIDO, TEMPLE Y REVENIDO	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL		
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (g):</b> 43.76	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 7
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_005		<b>FORMATO:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 2:1



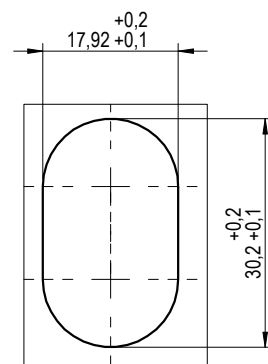


VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:2

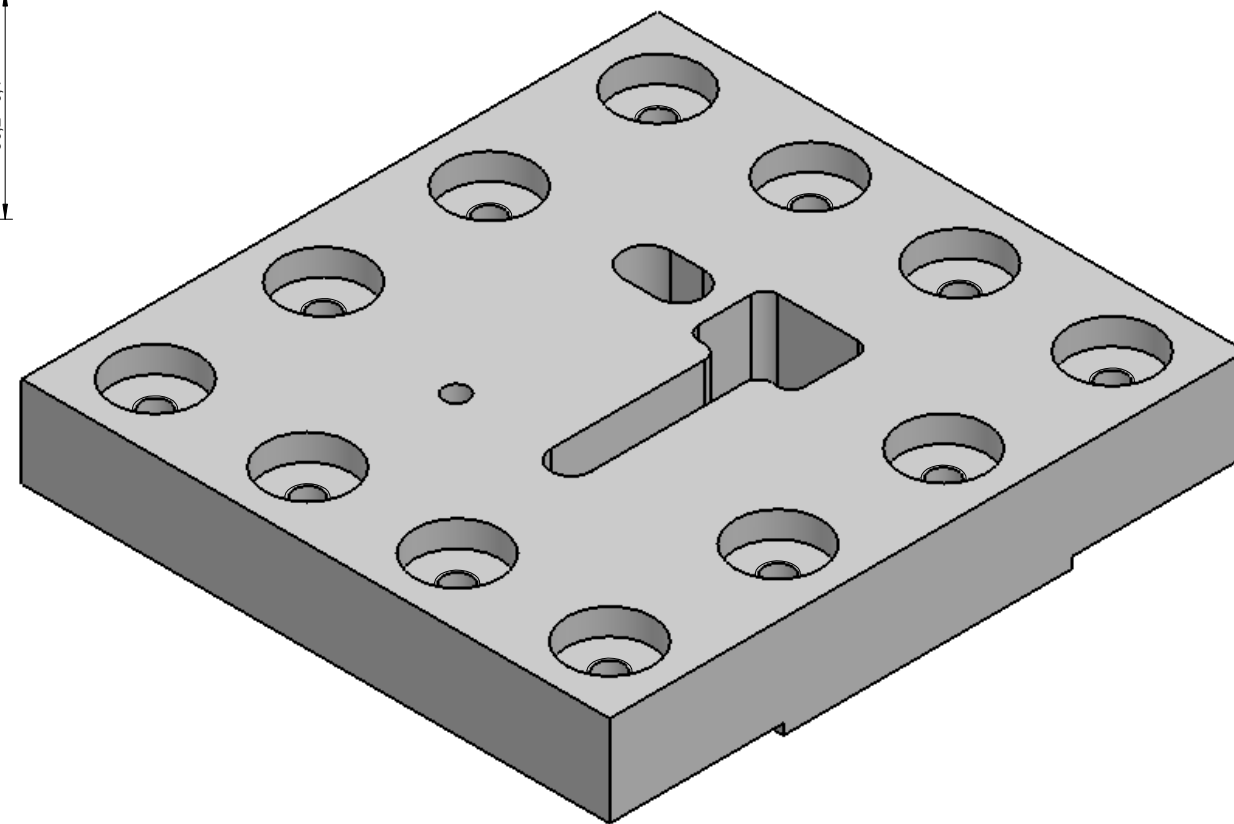
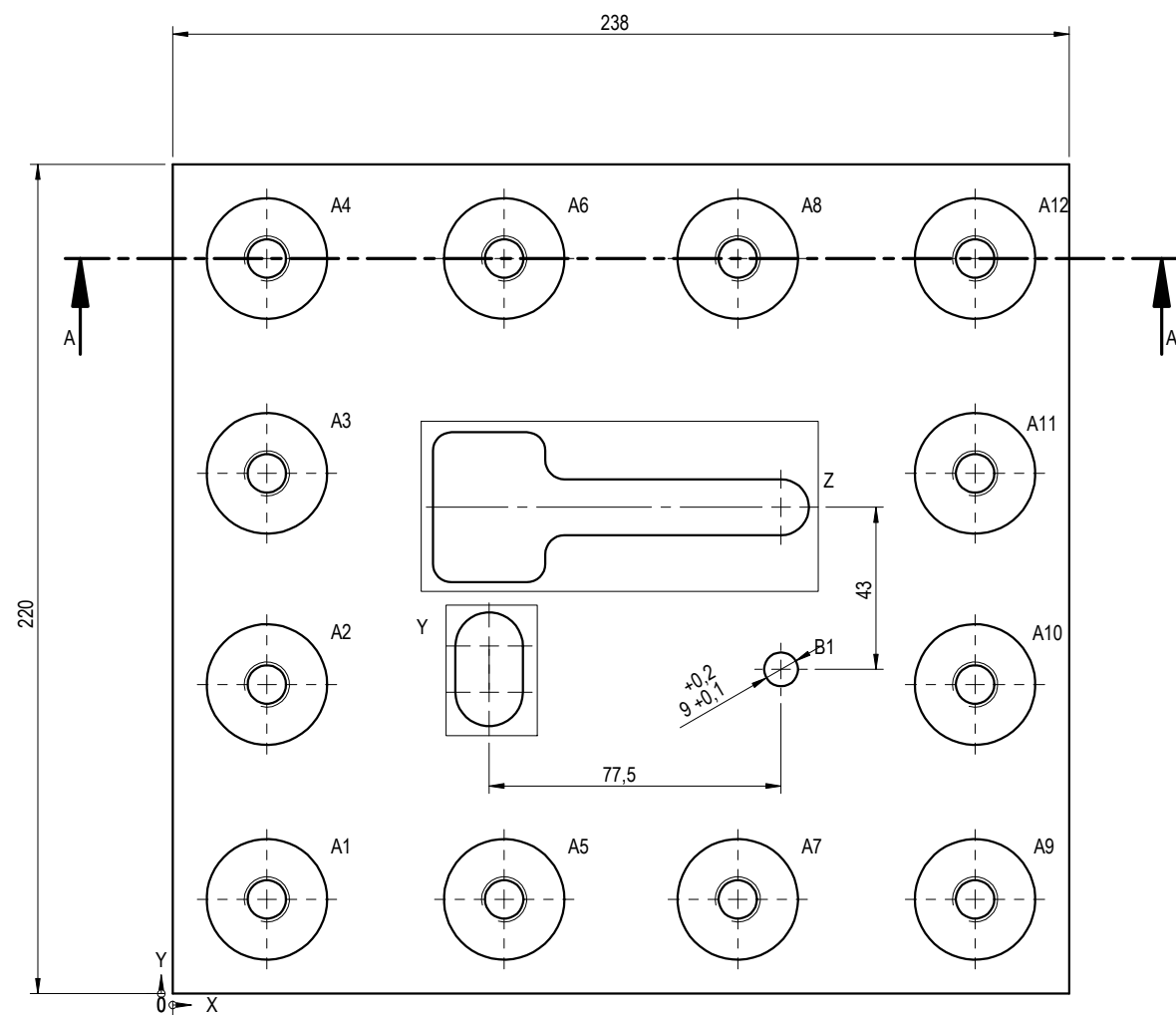
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N6  MATAR ARISTAS: 0.5X45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PUNZÓN EXTERIOR			
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>MATERIAL:</b> F-5229	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL		
<b>TITULACIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b> RECOCIDO, TEMPLE Y REVENIDO			
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (Kg):</b> 1,46	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 8
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_006		<b>FORMATO:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:1



Z  
ESCALA 1 : 1


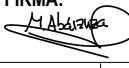
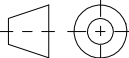


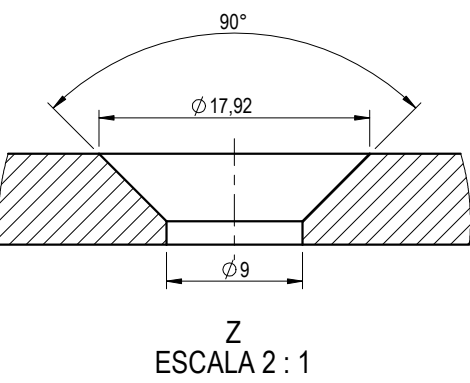
Y  
ESCALA 1 : 1



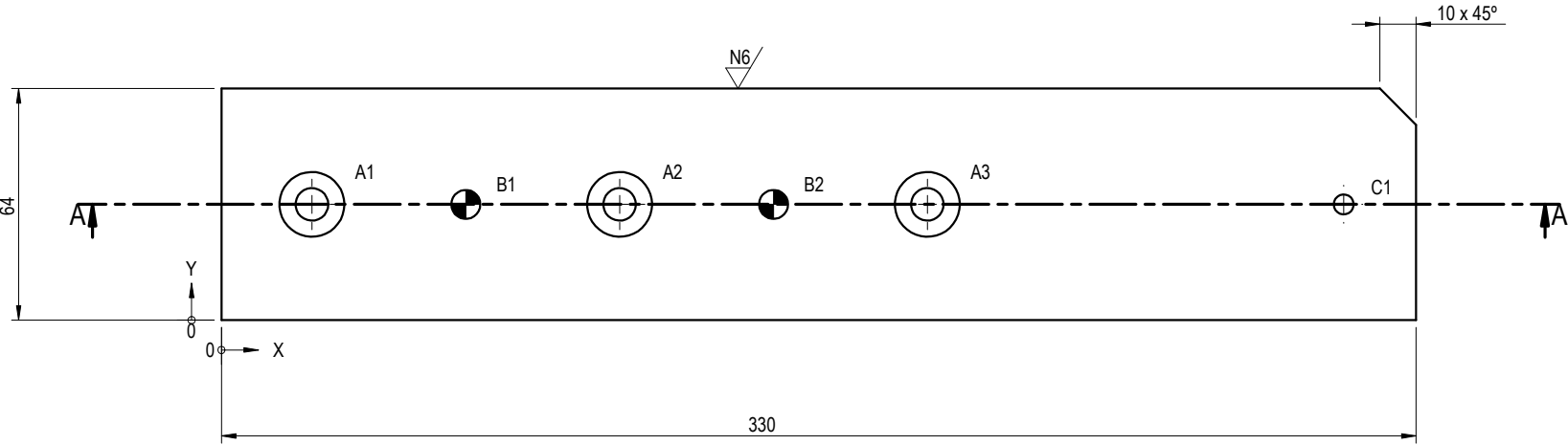
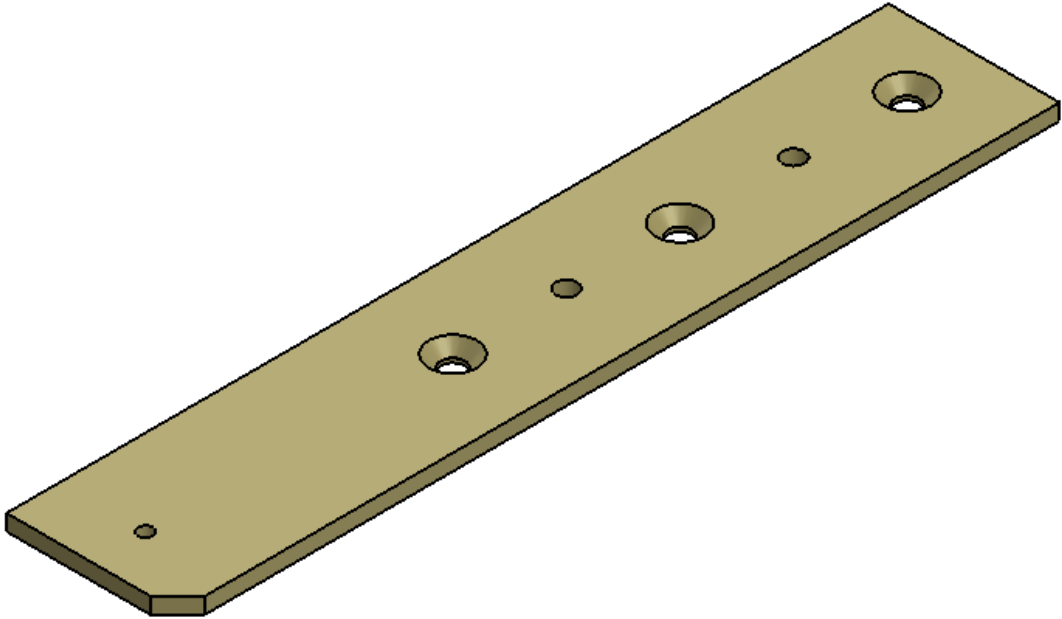
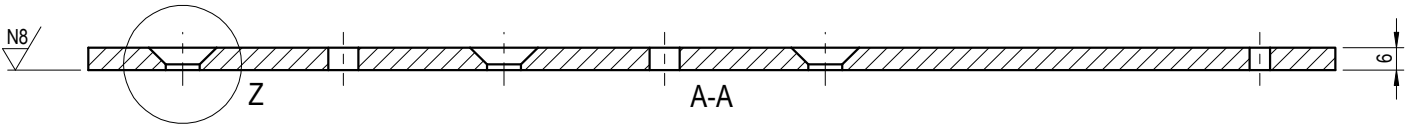
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y
A1	25	25
A2	25	82
A3	25	138
A4	25	195
A5	88	25
A6	88	195
A7	150	25
A8	150	195
A9	213	25
A10	213	82
A11	213	138
A12	213	195
B1	161,5	86,01


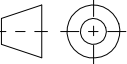
LOS AGUJEROS CON LA FORMA DEL LOS PUNZONES SON PASANTES

 Universitat Pública de Navarra Navarra's Open University	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLACA GUÍA DE PUNZONES	TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-1140	ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
E.T.S.I.I.T	TRATAMIENTO:	MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
		UNIDADES: mm		
	TITULCIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	PROYECTISTA: ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
DEPARTAMENTO: DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	PESO (Kg): 12,89	FIRMA: 	FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 9
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_007		FORMATO: A3	ESCALA: 1:2

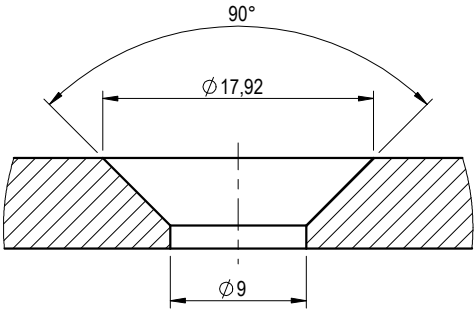


RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	25	32	VER DETALLE Z
A2	110	32	
A3	195	32	
B1	67,5	32	Ø 8 H7 POR TODO
B2	152,5	32	
C1	310	32	Ø 5,5 POR TODO

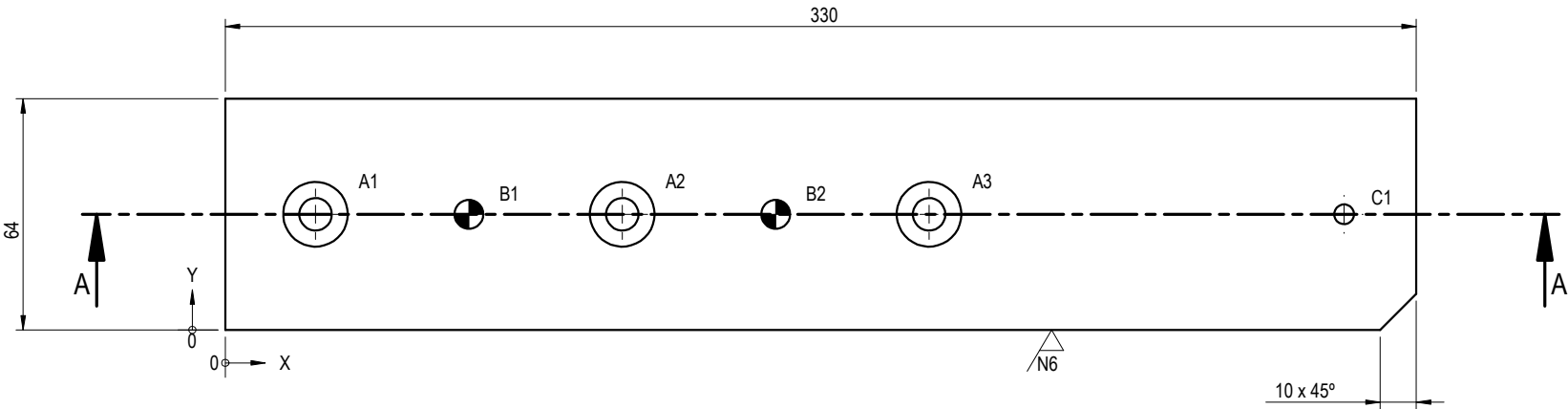
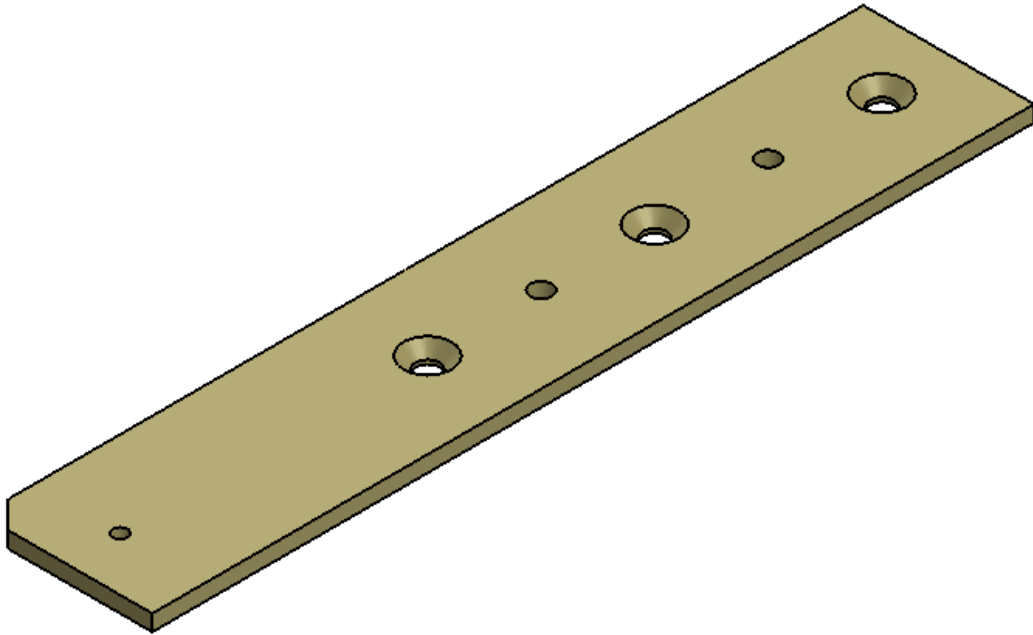
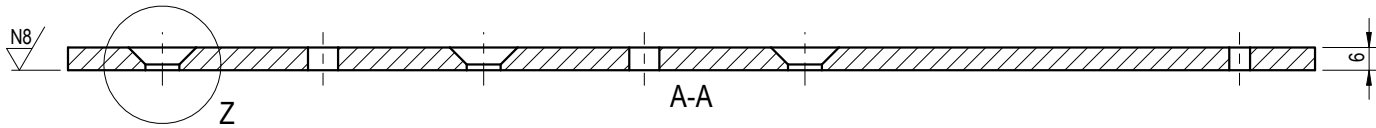



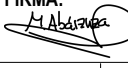
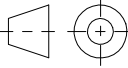
<div>upna</div> <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitatea Publikoa</div>	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLETINA LATERAL IZQUIERDA		TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-5229		ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
E.T.S.I.I.T			MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
			UNIDADES: mm		
TITULCIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	TRATAMIENTO: TEMPLE Y REVENIDO		PROYECTISTA: ABÁRZUZA MARTÍNEZ, MIGUEL		
DEPARTAMENTO: DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	PESO (Kg): 0,94		FIRMA: 	FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 10
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_008			FORMATO: A3	ESCALA: 1:2

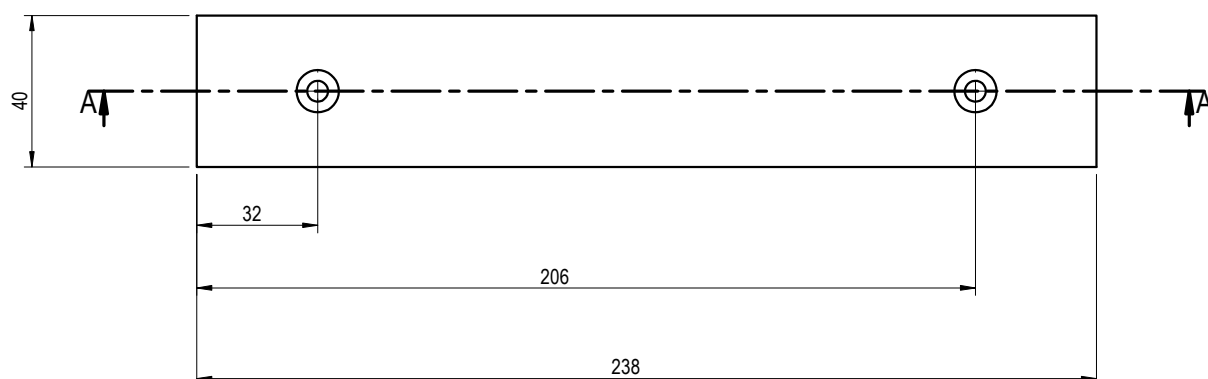
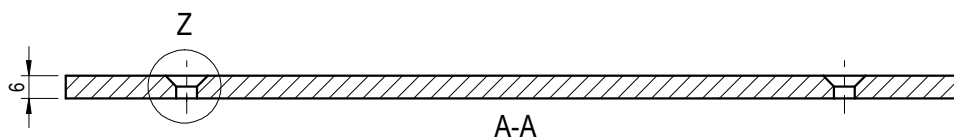
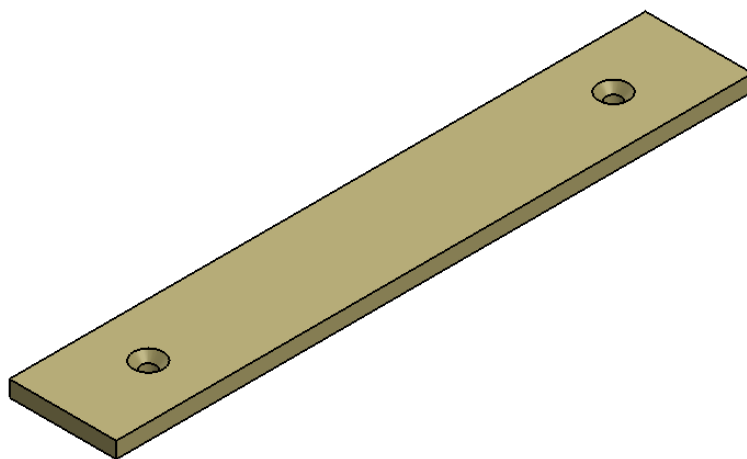
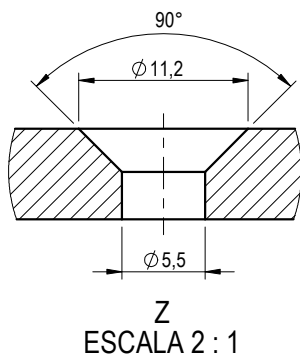
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	25	32	VER DETALLE Z
A2	110	32	
A3	195	32	
B1	67,5	32	Ø 8 H7 POR TODO
B2	152,5	32	
C1	310	32	Ø5,5 POR TODO



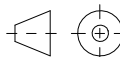


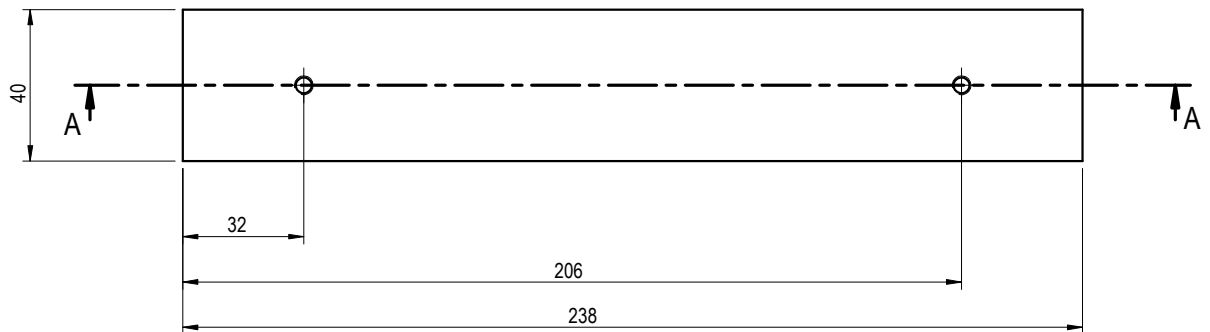
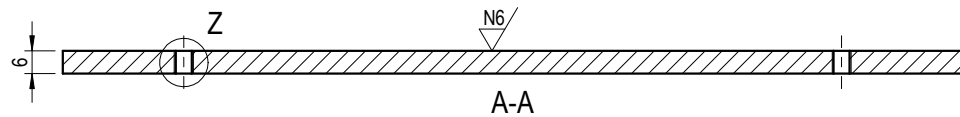
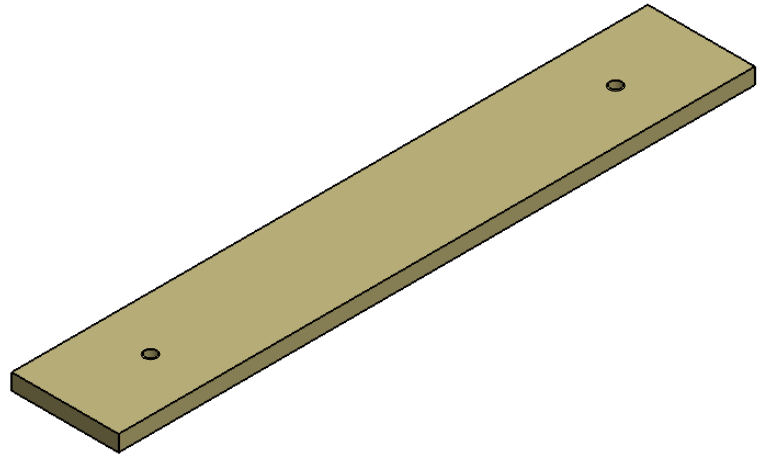
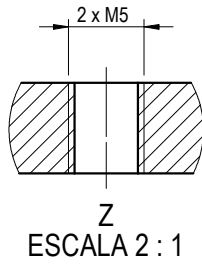
Z  
ESCALA 2 : 1


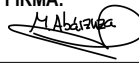
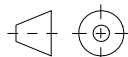


 Universitat Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitatea Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		<b>ESPECIFICACIONES GENERALES:</b>		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PLETINA LATERAL DERECHA		TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	<b>MATERIAL:</b> F-5229		ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>TRATAMIENTO:</b> TEMPLE Y REVENIDO		MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
	<b>PESO (Kg):</b> 0,96		UNIDADES: mm		
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_009		<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARTÍNEZ, MIGUEL		
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>FIRMA:</b> 		<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 11	
			<b>FORMATO:</b> A3	<b>ESCALA:</b> 1:2	

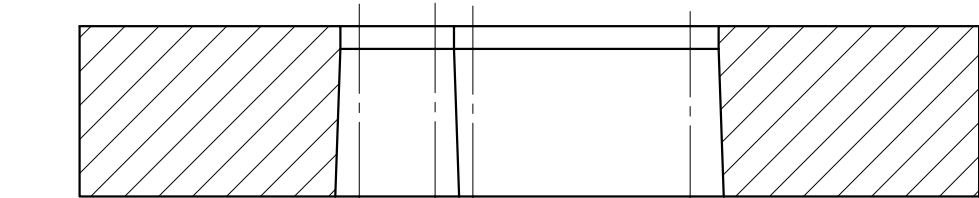


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N9  MATAR ARISTAS: 0.5X45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> TORNAPUNTAS SUPERIOR			
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>MATERIAL:</b> F-5229	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL		
<b>TITULACIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b> TEMPLE Y REVENIDO			
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (Kg):</b> 0,43	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 12
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_010		<b>FORMATO:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:2

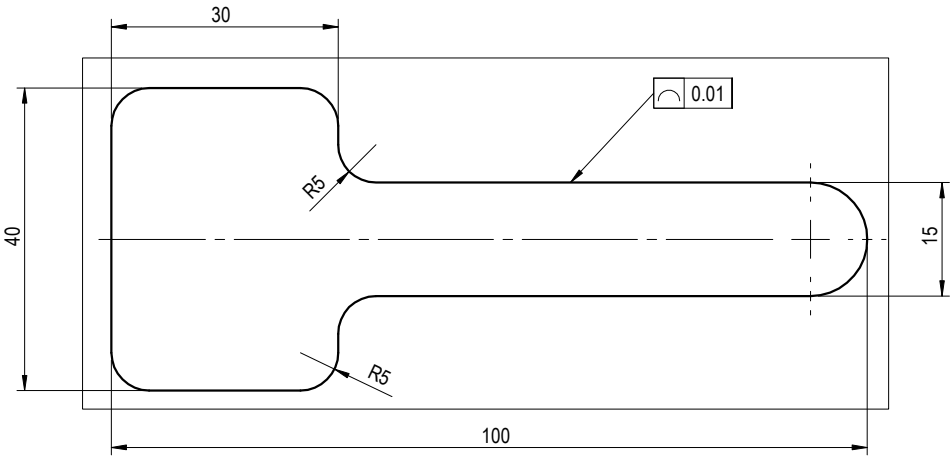


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>  TOLERANCIAS: ISO 2768mK  ACABADOS SUPERFICIALES: N9  MATAR ARISTAS: 0.5X45°  UNIDADES: mm		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> TORNAPUNTAS INFERIOR			
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>MATERIAL:</b> F-5229	<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUZA MARÍNEZ, MIGUEL		
<b>TITULACIÓN:</b> GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	<b>TRATAMIENTO:</b> TEMPLE Y REVENIDO			
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	<b>PESO (Kg):</b> 0,43	<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 13
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_011		<b>FORMATO:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:2

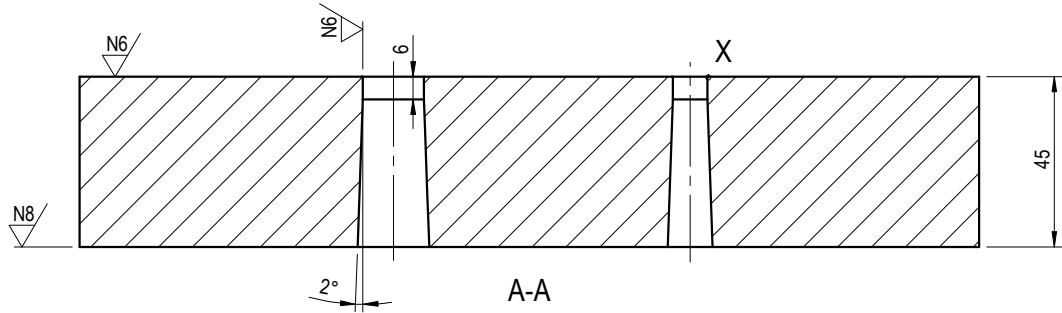
RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	32	25	Ø 9 POR TODO
A2	32	110	
A3	32	195	
A4	206	25	
A5	206	110	
A6	206	195	
B1	32	67,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	32	152,5	
B3	206	67,5	
B4	206	152,5	



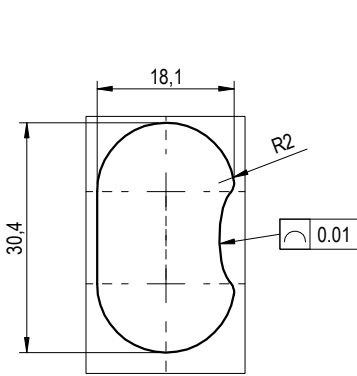
B-B



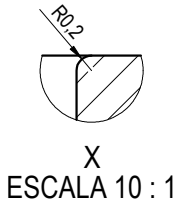
Y  
ESCALA 1 : 1



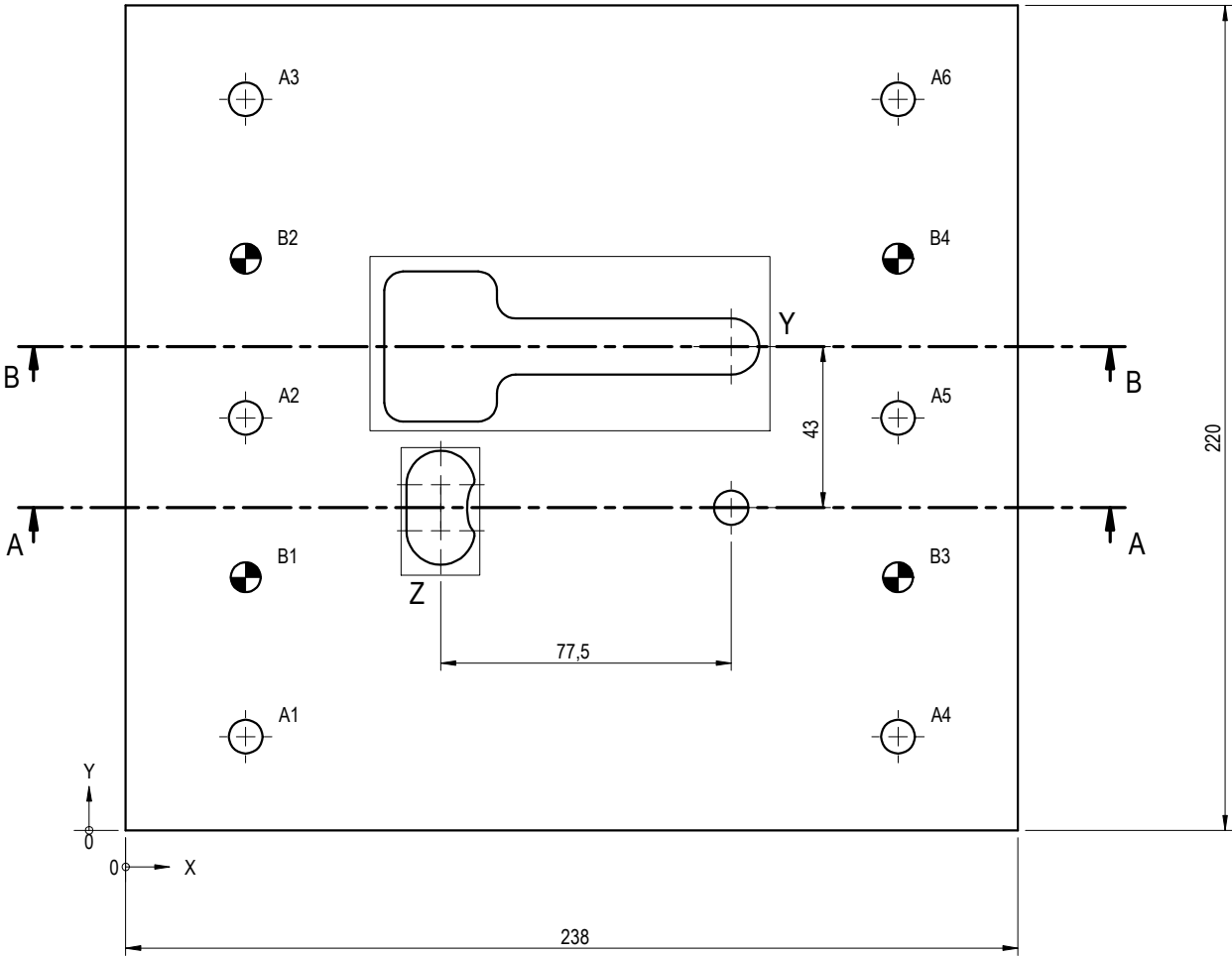
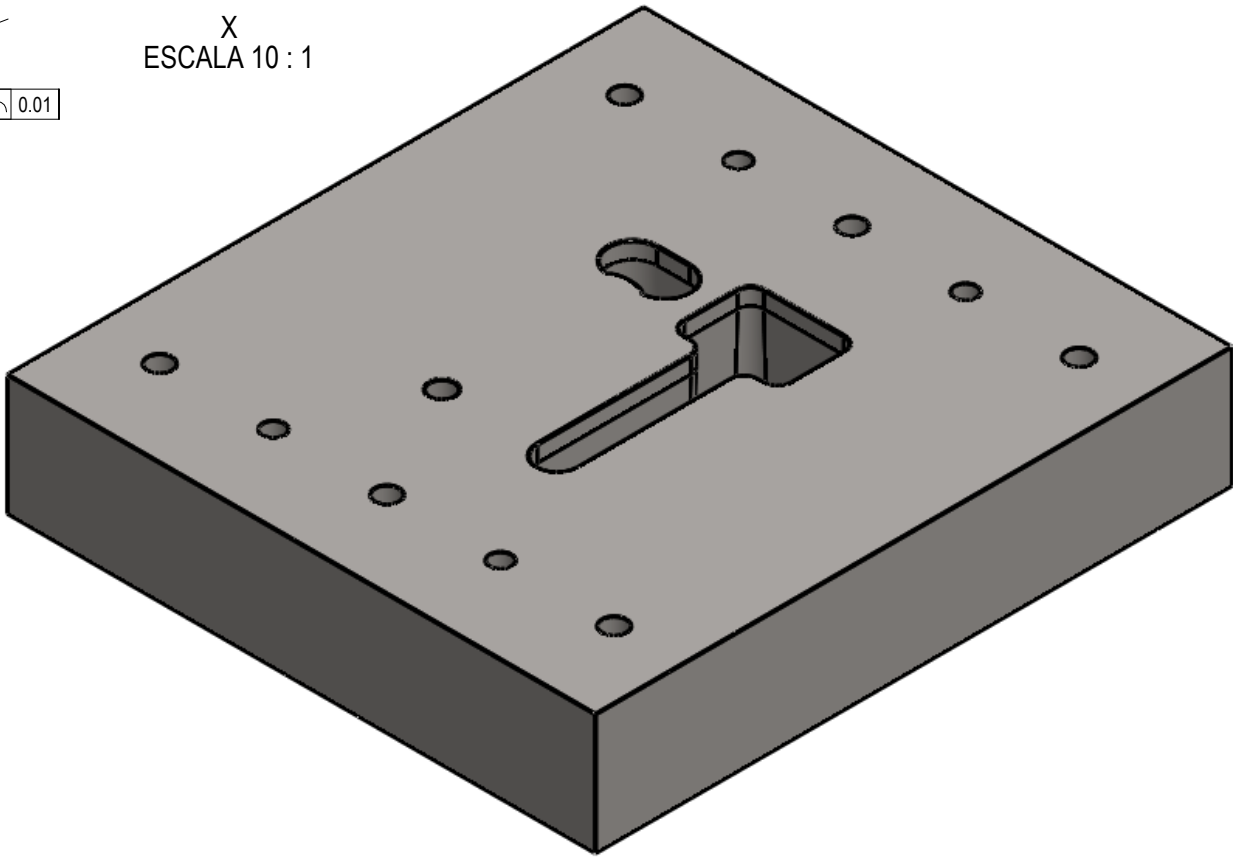
A-A




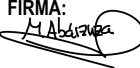
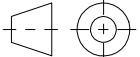
Z  
ESCALA 1 : 1

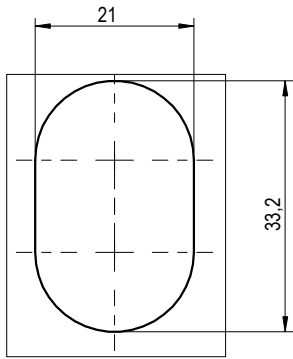


X  
ESCALA 10 : 1

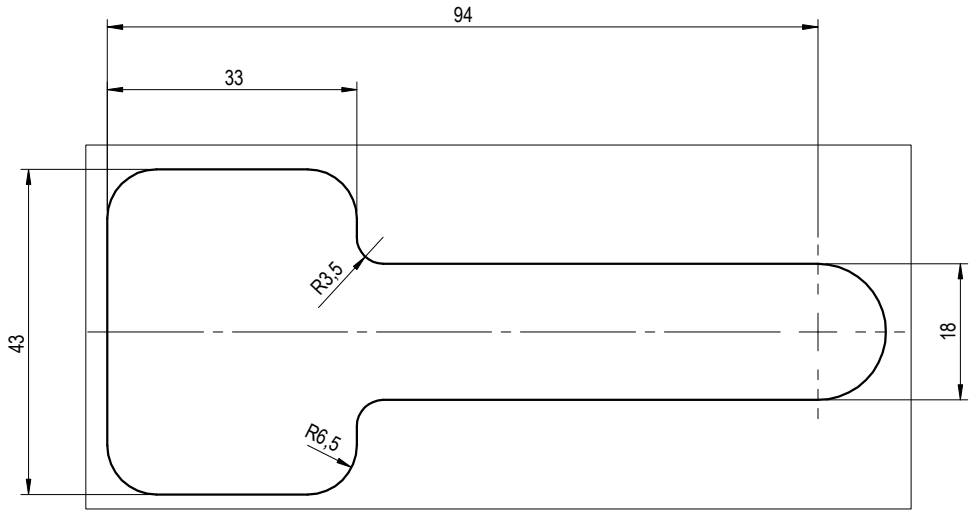


TODOS LOS AGUJEROS DE LOS PERÍMETROS DE CORTE TIENEN UN ÁNGULO DE SALIDA DE 2° A PARTIR DE 6mm DE LA CARA SUPERIOR Y UN ACABADO SUPERFICIAL N6

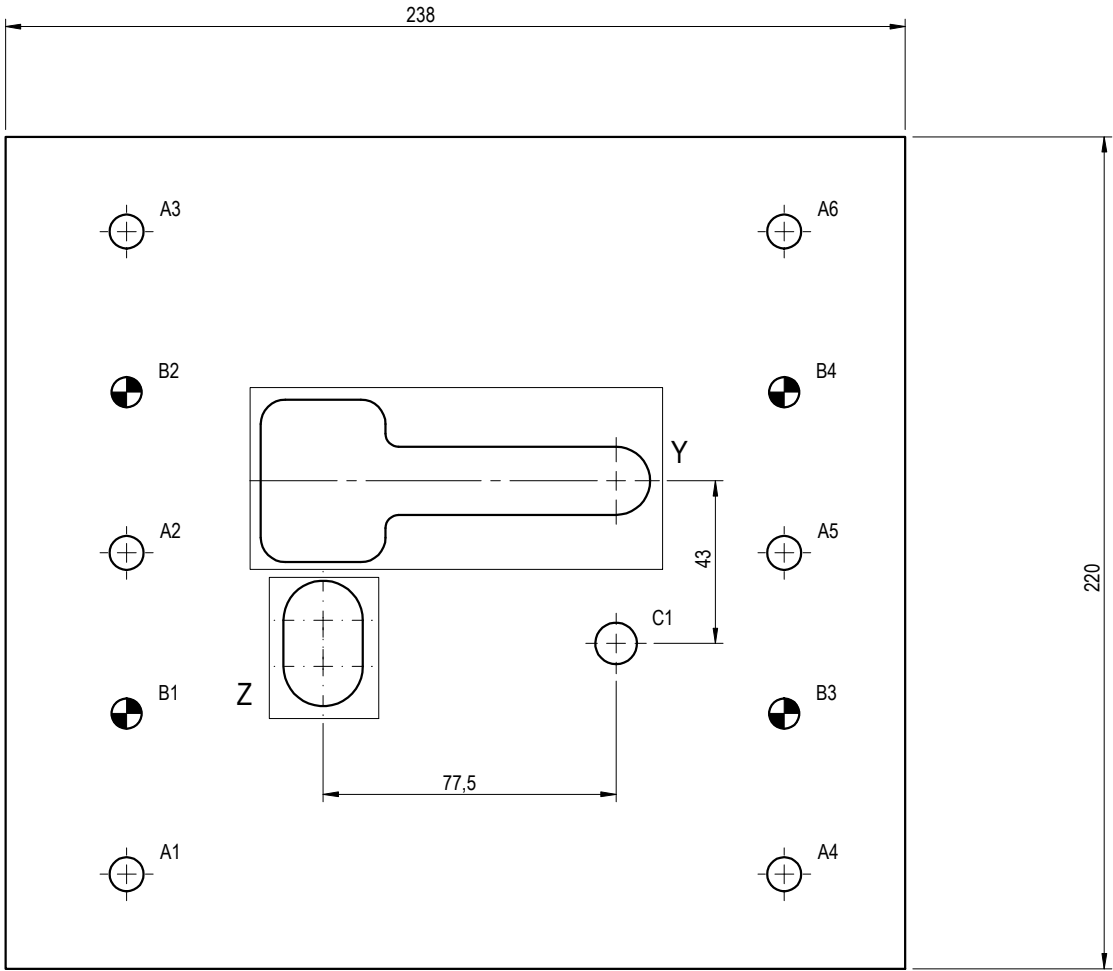
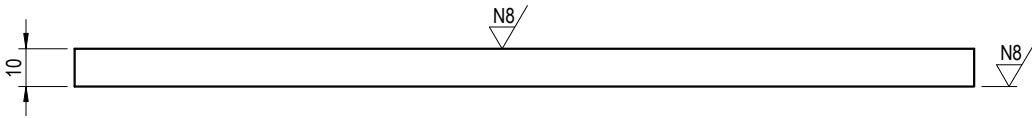
 upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitatea Publikoa	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLACA MATRIZ	TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-5229	ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
E.T.S.I.I.T	TRATAMIENTO: TEMPLADO Y REVENIDO	MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
	PESO (Kg): 17,09	UNIDADES: mm		
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_012	PROYECTISTA: ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
DEPARTAMENTO: DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		FIRMA: 	FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 14
			FORMATO: A3	ESCALA: 1:2



Z  
ESCALA 1 : 1

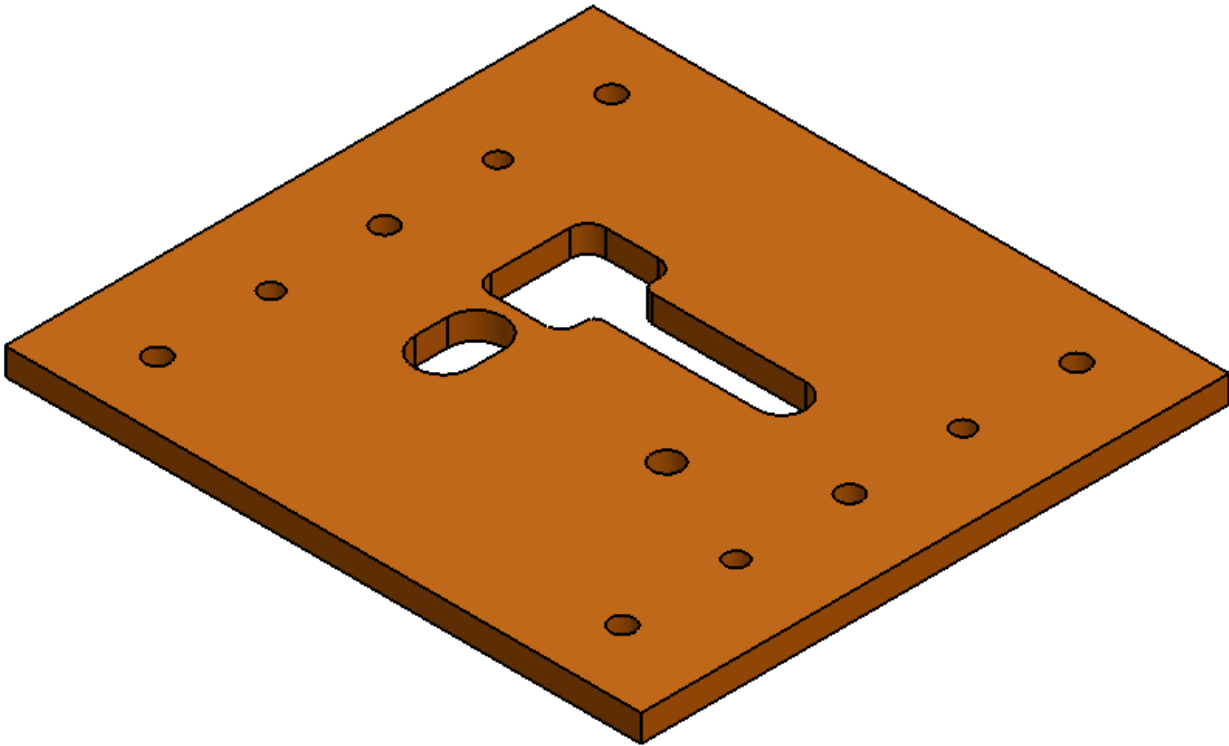



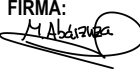
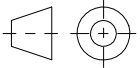
Y  
ESCALA 1 : 1



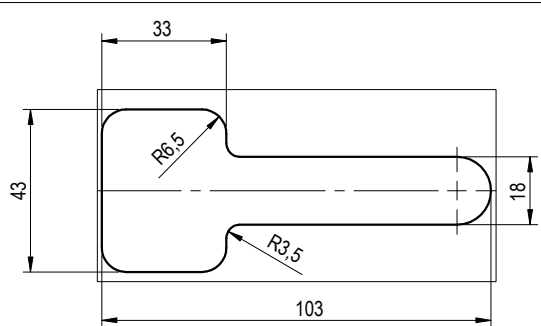
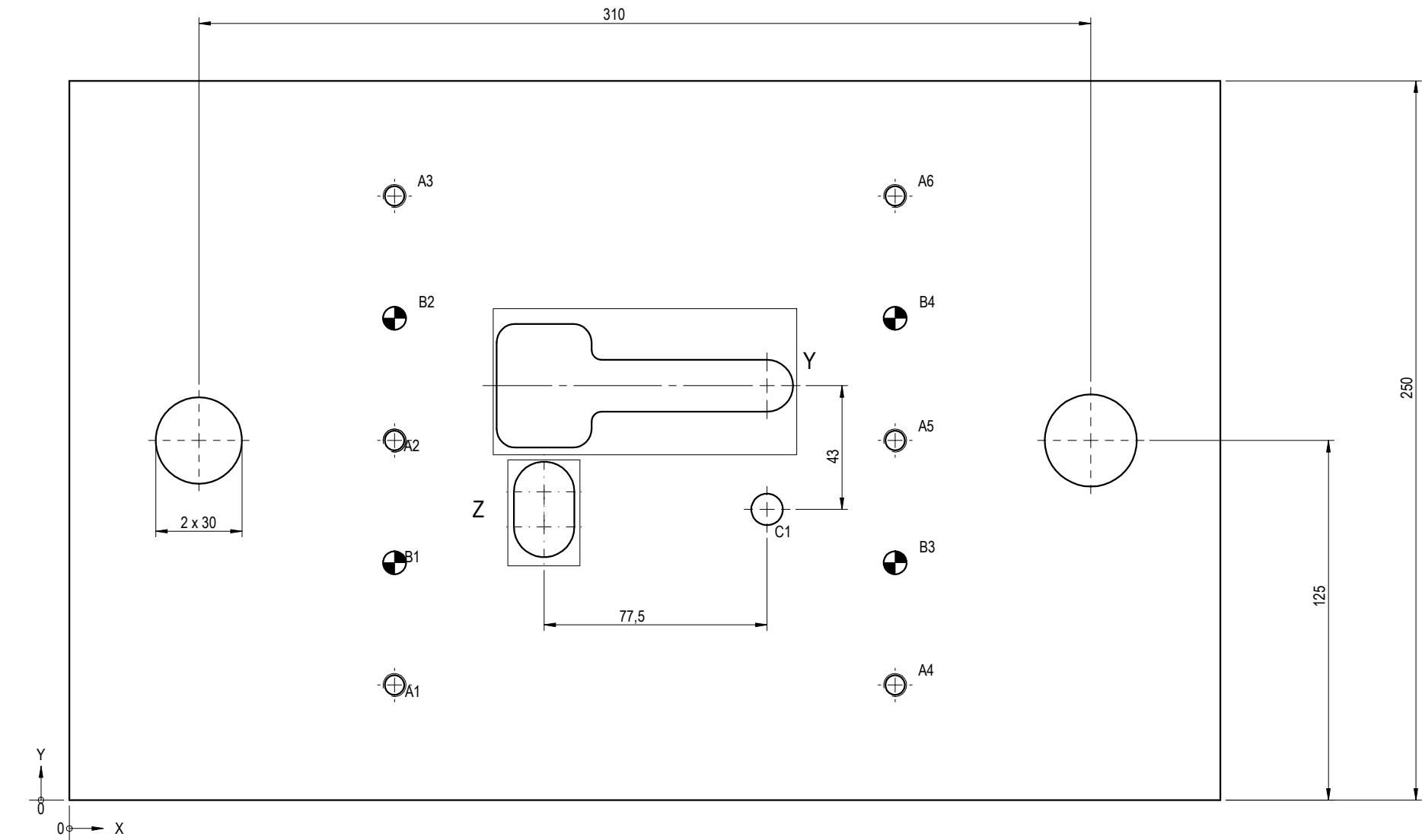
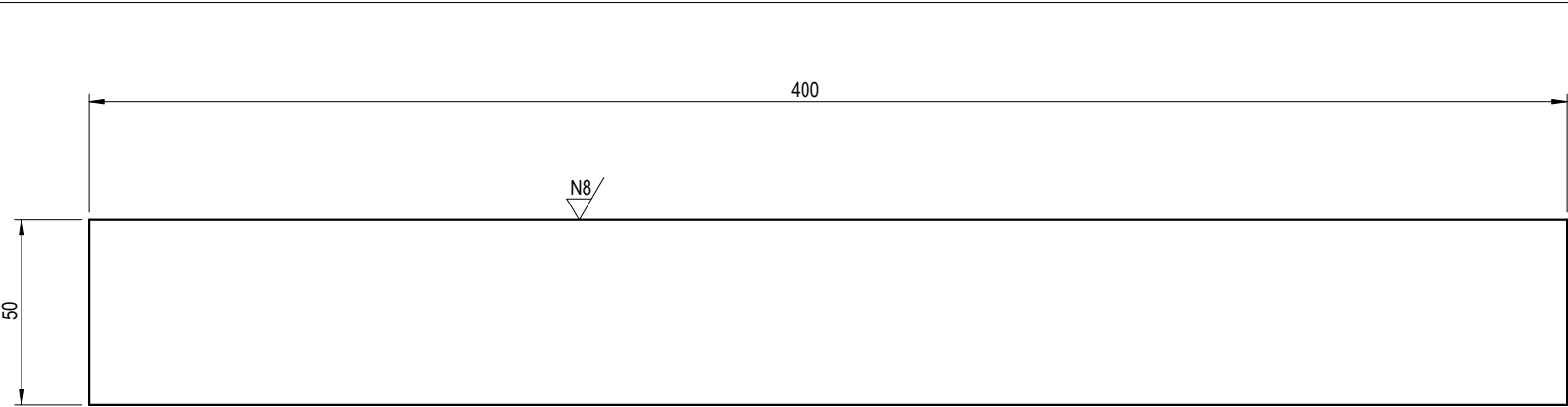
LOS AGUJEROS CON LA FORMA DE LOS PUNZONES SON PASANTES

RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	32	25	Ø 9 POR TODO
A2	32	110	
A3	32	195	
A4	206	25	
A5	206	110	
A6	206	195	
B1	32	67,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	32	152,5	
B3	206	67,5	
B4	206	152,5	
C1	161,5	86,05	Ø 11 POR TODO

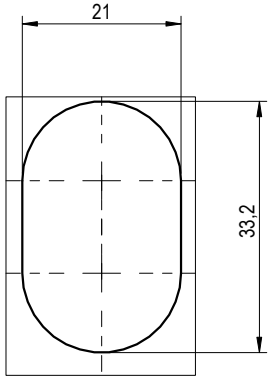


 E.T.S.I.I.T	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS	ESPECIFICACIONES GENERALES:		
	DENOMINACIÓN: PLACA SUFRIDERA INFERIOR	TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	MATERIAL: F-5229	ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
TITULCIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	TRATAMIENTO:	MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
		UNIDADES: mm		
		PROYECTISTA: ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
DEPARTAMENTO: DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	PESO (Kg): 3,69	FIRMA: 	FECHA: 09/06/2020	Nº PLANO: 15
	Nº REFERENCIA: 245890_1920_100_013		FORMATO: A3	ESCALA: 1:2

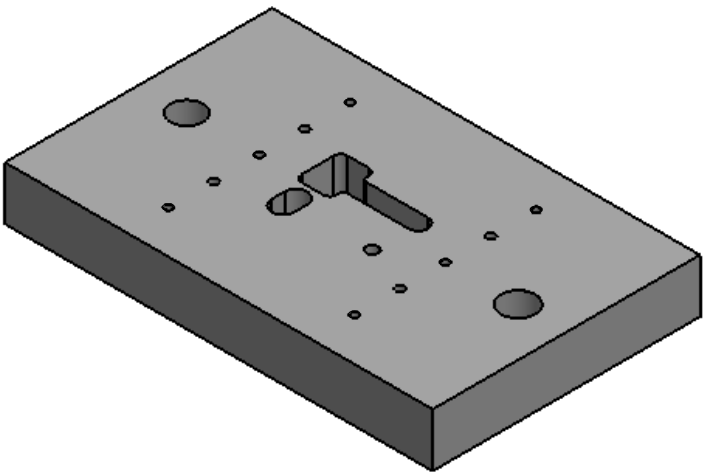




Y  
ESCALA 1 : 2





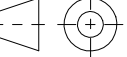
Z  
ESCALA 1 : 1



VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:5

RÓTULO	COORD. X	COORD. Y	TAMAÑO
A1	113	40	Ø 6.8 POR TODO M8 - 6H POR TODO
A2	113	125	
A3	113	210	
A4	287	40	
A5	287	125	
A6	287	210	
B1	113	82,5	Ø 8 H7 POR TODO
B2	113	167,5	
B3	287	82,5	
B4	287	167,5	
C1	242,5	101,05	Ø 11 POR TODO

AGUJEROS PARA LAS COLUMNAS GUÍA REALIZADOS POR EL PROVEEDOR  
AGUJEROS CON LA FORMA DE LOS PUNZONES PASANTES

 upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitatea Publikoa	<b>PROYECTO:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TROQUEL PARA LA FABRICACIÓN DE UN ABREBOTELLAS		<b>ESPECIFICACIONES GENERALES:</b>		
	<b>DENOMINACIÓN:</b> PLACA BASE INFERIOR		TOLERANCIAS: ISO 2768 mK		
	<b>MATERIAL:</b> F-1140		ACABADOS SUPERFICIALES: N9		
<b>E.T.S.I.I.T</b>	<b>TRATAMIENTO:</b>		MATAR ARISTAS: 0,5 x 45°		
	<b>PESO (Kg):</b> 36,95		UNIDADES: mm		
	<b>Nº REFERENCIA:</b> 245890_1920_100_014		<b>PROYECTISTA:</b> ABÁRZUA MARTÍNEZ, MIGUEL		
<b>DEPARTAMENTO:</b> DEPARTAMETO DE INGENIERÍA MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		<b>FIRMA:</b> 		<b>FECHA:</b> 09/06/2020	<b>Nº PLANO:</b> 16
				<b>FORMATO:</b> A3	<b>ESCALA:</b> 1:2

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Diseño y cálculo de un troquel para la fabricación de un abrebotellas

## DOCUMENTO N°3: ANEXOS



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Miguel Abárzuza Martínez

Tutor: Daniel Salcedo Pérez

Pamplona, a 9 de junio de 2020



## **INDICE DE ANEXOS**

- 1. ANEXO I: DIMENSIONES COMERCIALES CHAPA ACERO INOXIDABLE**
- 2. ANEXO II: ESPECIFICACIONES ACEROS**
  - 2.1. ACERO INOXIDABLE AISI 304
  - 2.2. ACERO F-1140
  - 2.3. ACERO F-5229
- 3. ANEXO III: ELEMENTOS COMERCIALES**
  - 3.1. PRENSA Y ALIMENTADOR
  - 3.2. ELEMENTOS DEL TROQUEL
    - 2.2.1. Portamatrices
    - 2.2.2. Casquillo guía
    - 2.2.3. Columna guía
    - 2.2.4. Vástago
    - 2.2.5. Muelles
  - 3.3. ELEMENTOS DE UNIÓN
    - 2.3.1. Tope guía
    - 2.3.2. Tornillo avellanado DIN 7991 VO
    - 2.3.3. Tornillo avellanado ISO 10642
    - 2.3.4. Tornillo cilíndrico ISO 10642
    - 2.3.5. Tornillo cilíndrico DIN EN ISO 4763
    - 2.3.6. Pasador DIN EN ISO 8734

## **ANEXO I: DIMENSIONES COMERCIALES CHAPA ACERO INOXIDABLE**

**Chapas**

Calidad AISI 304 y 316

Laminado en Caliente \*

Laminado en Frio \*\*

Brillo dos caras +

medidas mm	espesor mm	304		316		peso kilos
		mate	brillo	mate	brillo	
2000x1000	0.4	12150495				6.4 K
	0.5	12150500	12151002			8 K
	0.6	12150510		12152500		10 K
	0.8	12150520	12151010	12152505		12.8 K
	1.0	12150530	12151020	12152510	12153000	16 K
	1.2	12150540	12151025			19.2 K
	1.5	12150560	12151030	12152520	12153010	24 K
	2.0	12150570	12151040	12152530	12153020	32 K
	3.0	12150580	12151050	12152540	12153030	48 K
	4.0	**12150585	12151051	12152550	12153032	64 K
	4.0	*12150590				64 K
	5.0	12150600		12152560	12153033	80 K
	5.0				+12153034	80 K
	6.0	12150610		12152570	+12153036	96 K
	8.0	12150620		12152580	12153037	128K
	8.0				+12153038	128 K
	10	12150630		12152590	12153039	160 K
	12	12150635		12152600		195 K
	15	12150636		12152610		253 K
	20			12152620		331 K
3000x1250	0.8	12150650	12151057			24 K
	1.0	12150660	12151060			30 K
	1.2	12150665	12151062			36 K
	1.5	12150670	12151063			45 K
3000x1500	1.0	12150675	12151070	12152790	12153045	36 K
	1.2	12150677	12151080	12152800	12153046	43.2 K
	1.5	12150680	12151090	12152810	12153048	54 K
	2.0	12150690	12151100	12152820	12153050	72 K
	3.0	12150700	12151110	12152830		108 K
	4.0	12150720		12152840		144 K
	6.0			12152860		216 K
	8.0	12150780				288 K
	10			12152880		360 K
		Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	



Brillo



Mate

El catálogo presenta las características estándar de los productos. Si tiene exigencias concretas que requieren dimensiones, tolerancias o calidades que se salen de lo común puede solicitar información en el departamento comercial.



## **ANEXO II: ESPECIFICACIONES ACEROS**



## Catálogo Comercial

Aceros Inoxidables	Normas		
	AISI	W. Nr.	DIN
	<b>304</b> <b>304L</b>	<b>1.4301</b> <b>1.4306</b>	<b>X5CrNi18-10</b> <b>X2CrNi19-11</b>

## Aplicaciones

Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, este acero es usado extensivamente para la fabricación de utensilios domésticos, lavavajillas, cuchillería, bienes de consumo, arquitectura e industria automotriz. Además, es utilizado en la construcción de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de leche, cerveza, vino, alimentos, etc. así como en la industria química de producción del nitrógeno. Para la calidad 304L (bajo contenido de carbono) se puede aplicar en la producción de ácido nítrico, industria farmacéutica e ingeniería nuclear.



## Composición Química (Valores Promedio, %)

Tipo Acero	C	Cr	Ni
AISI 304	≤0,07	17 - 19,5	8 - 10,5
AISI 304L	≤0,03	18 - 20	10 - 12

## Características del Acero

Acero inoxidable austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una buena resistencia a la corrosión. En la condición de suministro resiste a la corrosión intergranular en el rango de hasta 300°C y 350° C para la calidad 304L. No se requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura; tiene propiedades para embutido profundo, no es templeable ni magnético.

Puede ser fácilmente trabajado en frío (p.ej. doblado, cilindrado, embutido profundo, etc.). Sin embargo, el alto grado de endurecimiento que alcanza por trabajo en frío, comparado con aceros de baja aleación, hacen requerir de mayores





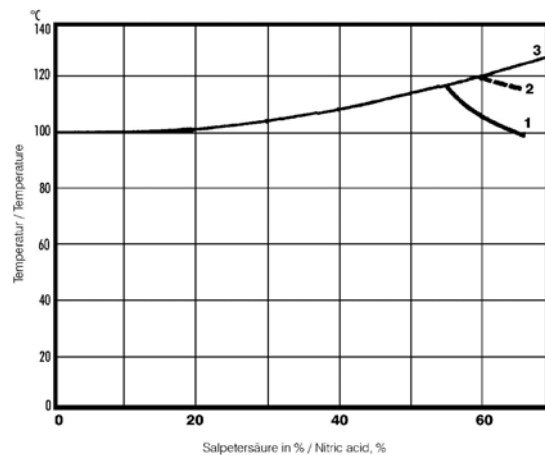
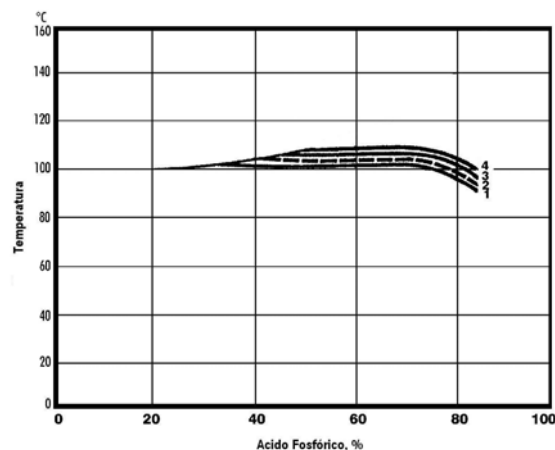
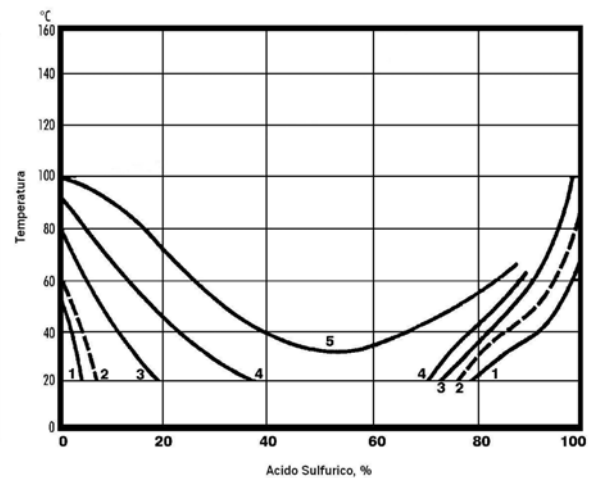
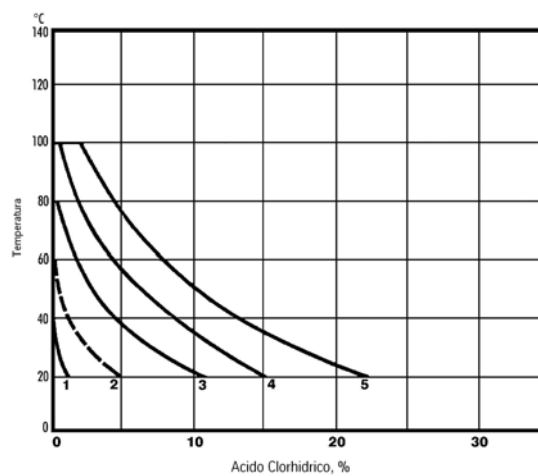


## Catálogo Comercial

esfuerzos para su proceso de conformado.

### Resistencia a la corrosión.

En los diagramas se observan las pérdidas de peso, determinadas experimentalmente para diferentes probetas atacadas con concentraciones variables para distintos ácidos en función de la temperatura. Las curvas representan la pérdida de peso de 0,1 0,3 1,0 3,0 y 10,0 gr/m<sup>2</sup>·Hr. Generalmente una pérdida de peso de 0,3 gr/m<sup>2</sup>·hr (línea segmentada) se considera en el límite para ser considerado económicamente viable un acero inoxidable.



Curva	Pérdida de peso
1	0,1 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
2	0,3 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
3	1,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
4	3,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
5	10,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.



## Catálogo Comercial

## Propiedades del Acero

### Propiedades mecánicas

#### Temperatura ambiente

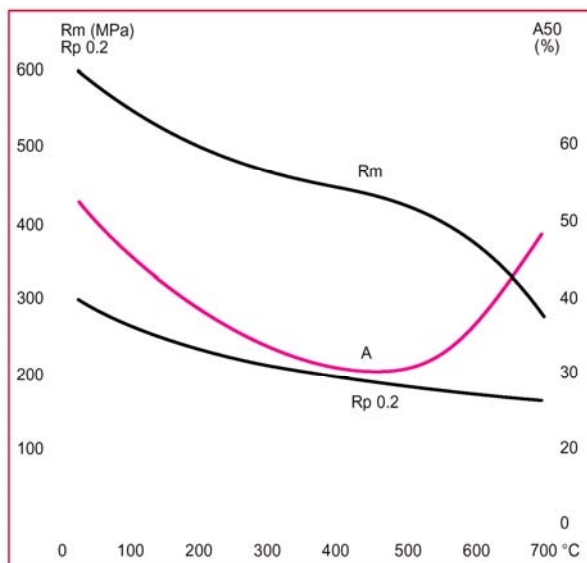
Tipo Acero	Rango de dimensiones	Límite Elástico 0,2% ( $R_{p0,2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción ( $R_m$ ) N/mm <sup>2</sup>	Elongación ( $A_5$ ) min. %
<b>304</b>	Laminado en frío e $\leq 6$ mm.	$\geq 230$	540 - 750	$\geq 45$
	Laminado en caliente e $\leq 6$ mm.	$\geq 210$	520 - 720	$\geq 45$
<b>304L</b>	Laminado en frío e $\leq 6$ mm.	$\geq 220$	520 - 670	$\geq 45$
	Laminado en caliente e $\leq 6$ mm.	$\geq 200$	520 - 670	$\geq 45$

#### Temperatura variable

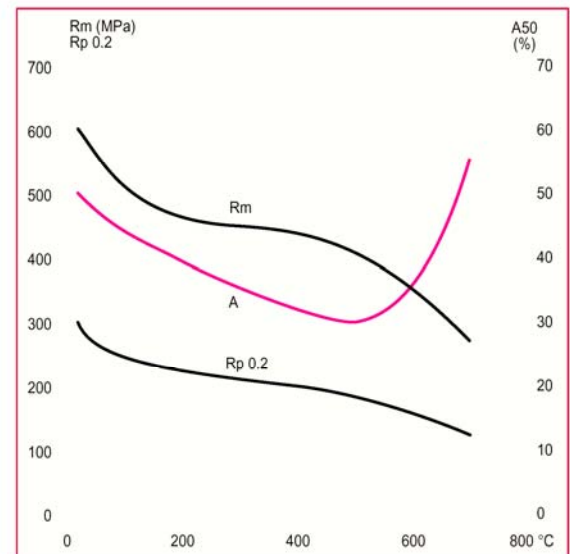
Tipo Acero	Temperatura °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
<b>304</b>	Límite elástico	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90
<b>304L</b>	0,2% ( $R_{p0,2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	147	132	118	108	100	94	89	85	81	80

### Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas

#### AISI 304



#### AISI 304L

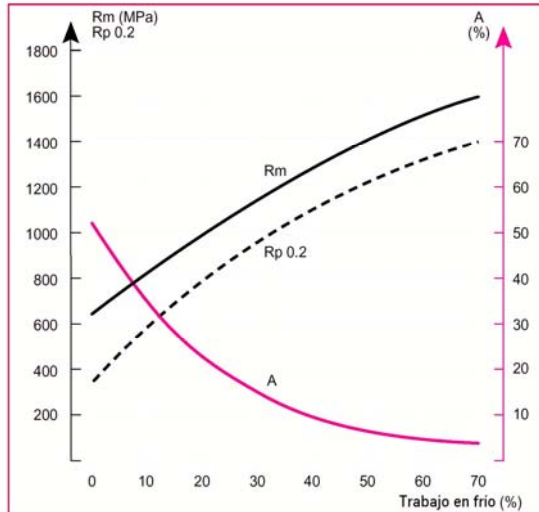




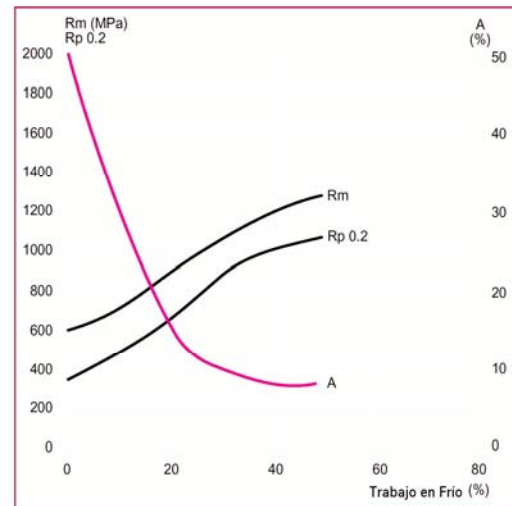
## Catálogo Comercial

### Efecto de trabajo en frío en las propiedades mecánicas

#### AISI 304



#### AISI 304L



### Propiedades físicas

Densidad a 20°C kg/dm <sup>3</sup>	Conductividad Térmica 20 °C W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Calor Específico 20°C J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Resistencia Eléctrica 20°C Ω·mm <sup>2</sup> /m
7,9	15	500	0,73

### Modulo de elasticidad kN/mm<sup>2</sup>

20°C	100° C	200°C	300° C	400°C	500° C
200	194	186	179	172	165

### Coefficiente de expansión térmica in 10<sup>-6</sup> · K<sup>-1</sup> entre 20 °C y

	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
	16	17	17	18	18



## Catálogo Comercial

### Tratamiento Térmico

Trabajo en caliente °C	Enfriamiento	Tratamiento térmico °C	Enfriamiento	Estructura
1150 - 850	aire	1000 – 1100	Agua, aire forzado.	Austenita con un contenido menor de ferrita

### Recomendaciones sobre mecanizado

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía. Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

#### TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (vc) m/min.	170 -145	160 - 210	25 - 45
Avance (f) mm/r	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	0,1 - 0,5
Profundidad de corte (ap) mm.	1 - 4	0,5 - 1	0,5 - 3
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10	-

#### Fresado con metal duro

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado en fino
Velocidad de corte(vc) m/min.	60 - 120	100 - 155
Avance (fz) mm/diente	0,2 - 0,3	0,2
Profundidad de corte (ap) mm.	≤ 4	≤ 0,6
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10

#### Taladrado con broca HSS

Diámetro	20	30	40
Velocidad de corte (vc) m/min.	200	200	200
Avance (f) mm/r	0,01	0,12	0,15

Los datos técnicos y/o aplicaciones expresados en este catálogo son sólo referencias promedios y típicas para aleaciones estándar, además no son una obligación ni constituyen una exigencia contractual entre **ThyssenKrupp Aceros y Servicios S. A.** y nuestros clientes, al momento de adquirir nuestros aceros.

## Equivalencia entre distintas designaciones

Designación		Otras designaciones								
EN 10083-1:1997		Alemania DIN 17200		Reino Unido BS 970	España UNE 36011		Francia NF A35-552-86	Italia UNI 7846	ISO 683-1:1987	AISI SAE ASTM
Simbólica	Numérica	Simbólica	Numérica		Simbólica	Numérica				
C45E	1.1191	CK 45	1.1191	(080M46)	C45K	F-1140	XC 45	C45	(C 45 E 4)	1042

La composición química de los aceros entre paréntesis difiere ligeramente de la definida en la norma EN 10083.

## Composición química

Análisis sobre colada								
Contenido (%)								
C	Si <sub>máx.</sub>	Mn	P <sub>máx.</sub>	S <sub>máx.</sub>	Cr <sub>máx.</sub>	Mo <sub>máx.</sub>	Ni <sub>máx.</sub>	Cr+Mo+Ni <sub>máx.</sub>
0,42 - 0,50	0,40	0,50 - 0,80	0,035	0,035	0,40	0,10	0,40	0,63

Desviaciones admisibles entre el análisis del producto y los valores especificados para el análisis de colada								
Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Desviación admisible	±0,02	±0,03	±0,04	±0,005	±0,005	±0,05	±0,03	±0,05

## Características mecánicas

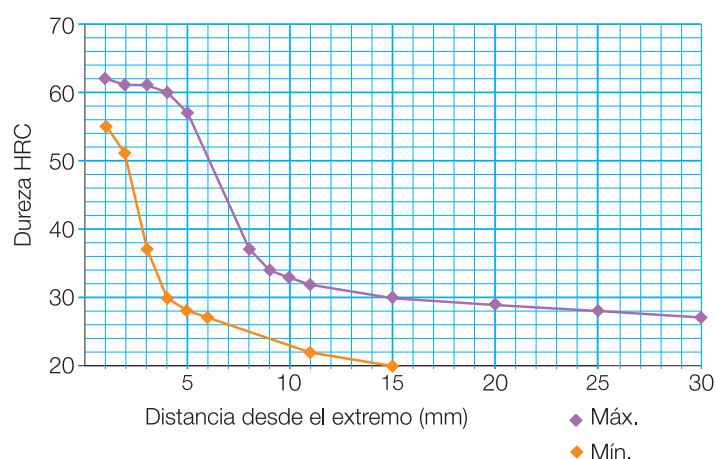
Ensayo de tracción				
Estado de temple y revenido (+QT)				
Diámetro nominal (mm)	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento	Estricción
	R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A (%) L <sub>0</sub> =5d Diámetro nominal (mm)	Z (%)
d ≤ 16	≥ 490	700 - 850	≥ 14	≥ 35
16 < d ≤ 40	≥ 430	650 - 800	≥ 16	≥ 40
40 < d ≤ 100	≥ 370	630 - 780	≥ 17	≥ 45

Ensayo de flexión por choque <sup>1)</sup>		
Estado de temple y revenido (+QT)		
Diámetro nominal (mm)		
d ≤ 16	16 < d ≤ 40	40 < d ≤ 100
Energía absorbida <sup>2)</sup> (Julios)		
25	25	25

1) Ensayo de resistencia al impacto sobre probeta longitudinal con entalla Charpy en V a temperatura ambiente.

2) Valor mínimo de tres probetas. Ningún valor individual debe ser inferior al 70% del valor medio mínimo.

Ensayo de tracción			
Estado de normalizado (+N)			
Diámetro nominal (mm)	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento
	R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	R <sub>m</sub> (MPa)	A (%) L <sub>0</sub> =5d Diámetro nominal (mm)
d ≤ 16	≥ 340	620	≥ 14
16 < d ≤ 100	≥ 305	580	≥ 16
100 < d ≤ 250	≥ 275	560	≥ 16



Templabilidad Jominy <sup>1)</sup>																	
Distancia desde el extremo <sup>2)</sup> (mm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25	30
Dureza HRC	máx.	62	61	61	60	57	51	44	37	34	33	32	31	30	29	28	27
	min.	55	51	37	30	28	27	26	25	24	23	22	21	20	-	-	-

1) Temperatura de austenización de la probeta de ensayo:  $850 \pm 5^\circ\text{C}$ .

2) Los valores de dureza se calculan a las distancias señaladas desde el extremo templado de la probeta.

## Condiciones de tratamiento térmico

Forja o laminación en caliente	Normalizado	Recocido	Temple	Medio de temple	Revenido	Ensayo de templabilidad Jominy
Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )						
850 - 1250	840 - 870	680	840 - 860	Agua o aceite	550 - 660	$850 \pm 5$

## Stock permanente

Perfil	Dimensiones (mm)	Intervalo entre medidas	Estado de suministro		Tolerancia del diámetro (mm)	Tolerancia de corte (mm)	Flecha máxima (mm/m)
			Material	Superficie			
Redondo	25-140	5	Sin tratamiento / Normalizado	Bruto de laminación	$\pm 2$	$\pm 1$	4
	140-150	5			$\pm 2$	$\pm 1$	4
	150-330	10		Torneado / bruto de laminación	$\pm 2$	$\pm 2$	4
	340-400	10		Bruto de forja	$\pm 10$	$\pm 2$	4
	425-650	25			$\pm 10$	$\pm 5$	4

\*Los defectos superficiales de los materiales brutos de forja pueden ser del 2% del diámetro y los de los materiales brutos de laminación, del 1%.

## Propiedades

No tiene buenas condiciones de soldabilidad.

Puede ser sometido a temple y revenido.

En el tratamiento por temple por inducción se alcanzan durezas superficiales de 55-61 HRC, capaces de soportar desgastes localizados.

## Aplicaciones

Elementos mecánicos de responsabilidad media. Piezas estampadas, palancas, ejes, arandelas de regulación, bielas, discos de embrague, coronas de arranque, etc.

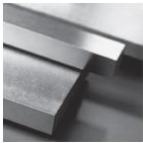
Piezas de resistencia media, de pequeños espesores y formas poco complicadas, engranajes flameados, ejes poco cargados.

Piezas de forja que posteriormente se mecanizan y no están sometidas a esfuerzos directos, fatigas, desgastes, etc.

## Denominación

Material Nr. / Werkstoff-Nr.	PREMIUM 1.2842 / 1.2510
Denominación simbólica	90MnCrV8 / 100MnCrW4
UNE	F.5229 / ~F.5220
AISI/SAE	O2 / O1; T31502 / T31501
Materiales alternativos en ABRAMS® GUÍA DE ACEROS	<a href="http://www.guia-de-aceros.es/alternativas/F.5229">www.guia-de-aceros.es/alternativas/F.5229</a>

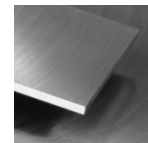
## Ejecución



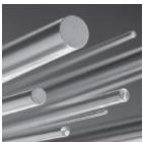
**Acero plano de precisión sin sobremedida [PFS]**  
L: 500 mm  
L: 1.000 mm



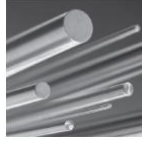
**Acero plano de precisión con sobremedida [PFS/BA]**  
L: 500 mm  
L: 1.000 mm



**Hart-Präz® [Hart]**  
L: 250 mm  
L: 500 mm



**Acero redondo de precisión sin sobremedida [PRS]**  
estirado brillante / rectificado, ISO h8  
L: 1.000 mm



**Acero redondo de precisión con sobremedida [PRS/BA]**  
escarpado mecánico / torneado  
L: 500 mm  
L: 1.000 mm

## Composición química UNE F.5229 (valores de referencia en porcentaje de peso)

C	Si	Mn	P	S	Cr	V
0,85 - 0,95	0,1 - 0,4	1,8 - 2,2	0 - 0,03	0 - 0,03	0,2 - 0,5	0,05 - 0,2

## Propiedades físicas

Dureza / Estado de suministro	máx. 229 HB, recocido blando						
Resistencia a la tracción $R_m$	aprox. 770 N/mm <sup>2</sup>						
Dureza de trabajo	máx. 62 HRC						
Coeficiente de expansión térmica $10^{-6}m/(m \cdot K)$	20 - 100°C	20 - 200°C	20 - 300°C	20 - 400°C	20 - 500°C	20 - 600°C	20 - 700°C
	12,2	13,2	13,8	14,3	14,7	15,0	15,3
Conductibilidad térmica W/(m • K)	20°C	350°C	700°C				
	33,0	32,0	31,3				

## Características del material

Acero de uso universal, aleación mediana, templable en aceite y enfocado para trabajar en frío; alta aceptación de temple, gran estabilidad de medidas, como también buena duración del filo de corte y tenacidad. Las características y aplicaciones son casi idénticas con el material 1.2510/~F.5220.

## Posibilidades de aplicación

Herramientas de corte y troquel (chapa con un espesor de hasta 6 mm), cuchillas de cizallas, herramientas para roscar, mordazas de roscar, escariadores, herramientas de medición, moldes para plástico, moldes para el prensado de plástico y de goma, calibres, guías, matrices, punzones, herramientas para trabajar madera, cuchillas para máquinas.

## ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de  
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG  
Hannoversche Str. 38 · 49084 Osnabrück / Alemania  
Socio gerente: Dipl.-Ing. Dr. Jürgen Abrams

Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRA 6865  
Número de Identificación Fiscal: DE 221940667  
Socia colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH  
Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRB 20019

T: +34 931 768 710 (Barcelona)  
T: +34 946 545 102 (Bilbao)  
E: [ventas@aceros-premium.es](mailto:ventas@aceros-premium.es)

[www.aceros-premium.es](http://www.aceros-premium.es)  
[www.guia-de-aceros.es](http://www.guia-de-aceros.es)  
[tienda.aceros-premium.es](http://tienda.aceros-premium.es)

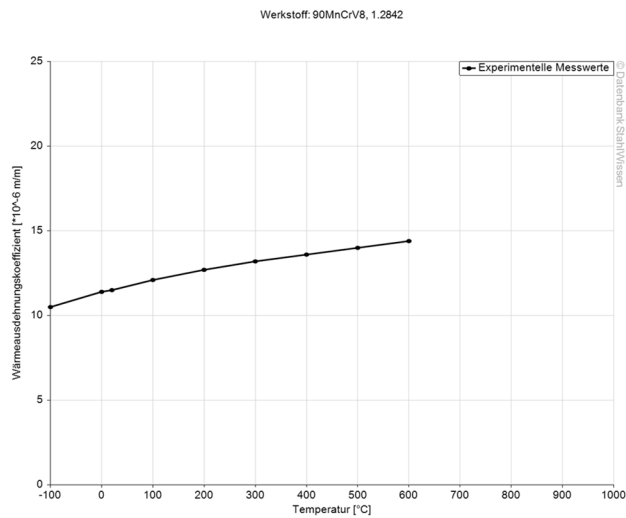
[www.aceros-premium.es/noticias](http://www.aceros-premium.es/noticias)



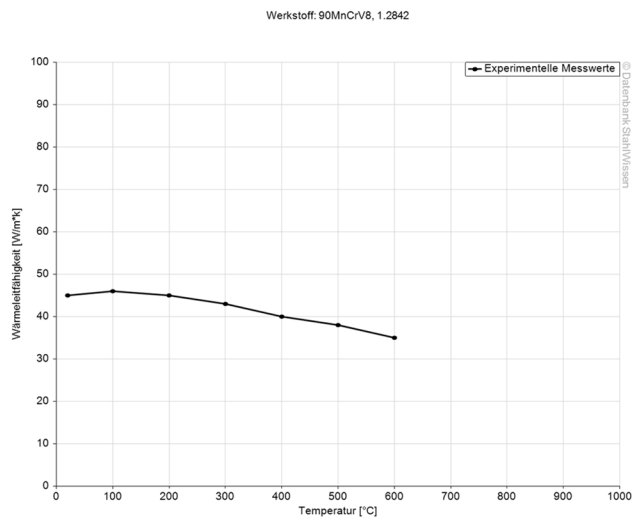
## Tratamiento térmico

Recocido blando	Temperatura		Enfriamiento		Dureza después del recocido	
	680 - 720°C		Horno		máx. 229 HB	
Recocido para liberar tensiones	Temperatura		Enfriamiento			
	aprox. 650°C		Horno			
Temple	Temperatura		Enfriamiento brusco		Dureza después del enfriamiento brusco	
	790 - 820°C		Aceite, baño caliente (180 - 220°C)		64 HRC	
Revenido	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C
	63 HRC	60 HRC	56 HRC	50 HRC	42 HRC	38 HRC

## Gráfico del coeficiente de expansión térmica



## Gráfico de conductibilidad térmica



### ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de  
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG  
Hannoversche Str. 38 · 49084 Osnabrück / Alemania  
Socio gerente: Dipl.-Wi.-Ing. Dr. Jürgen Abrams

Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRA 6865  
Número de Identificación Fiscal: DE 221940667  
Socia colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH  
Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRB 20019

T: +34 931 768 710 (Barcelona)  
T: +34 946 545 102 (Bilbao)  
E: ventas@aceros-premium.es

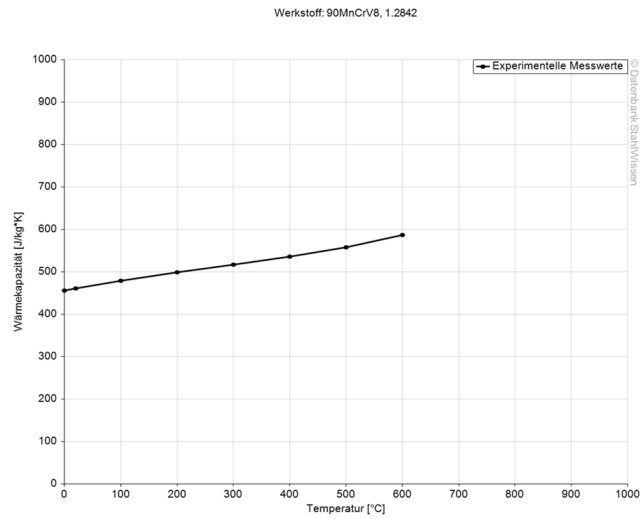
www.aceros-premium.es  
www.gui-a-de-aceros.es  
tienda.aceros-premium.es

[www.aceros-premium.es/noticias](http://www.aceros-premium.es/noticias)

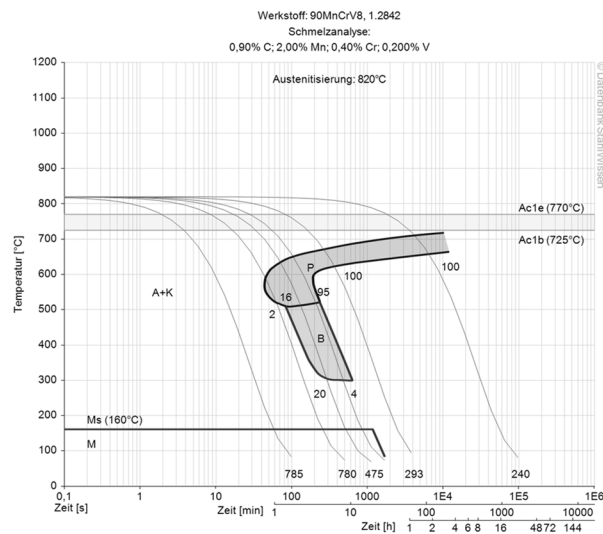




## Gráfico de capacidad térmica



## Gráfico TTT continuo



### ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de  
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG  
Hannoversche Str. 38 · 49084 Osnabrück / Alemania  
Socio gerente: Dipl.-Ing. Dr. Jürgen Abrams

Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRA 6865  
Número de Identificación Fiscal: DE 221940667  
Socia colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH  
Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRB 20019

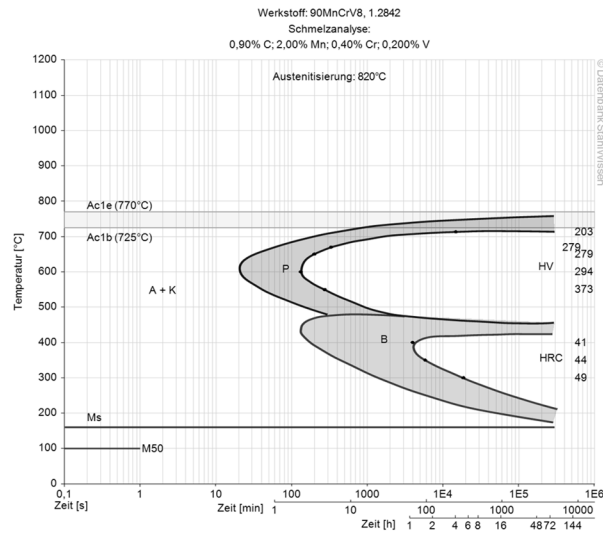
T: +34 931 768 710 (Barcelona)  
T: +34 946 545 102 (Bilbao)  
E: ventas@aceros-premium.es

www.aceros-premium.es  
www.gui-a-de-aceros.es  
tienda.aceros-premium.es

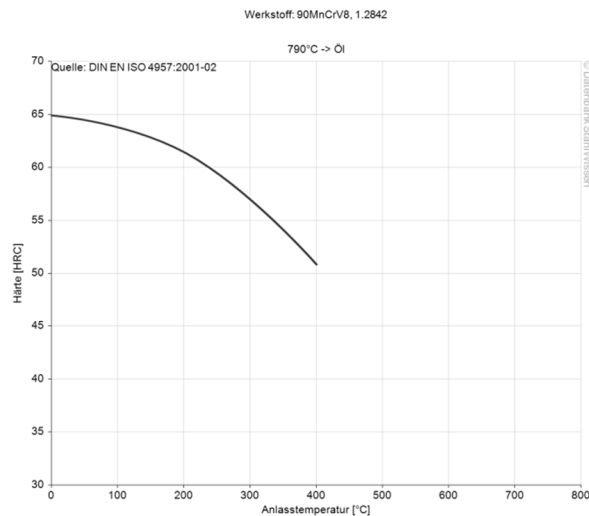
www.aceros-premium.es/noticias



## Gráfico TTT isotérmico



## Gráfico de revenido



Los datos aquí proporcionados sirven sólo como una indicación, no se asume ninguna responsabilidad.  
Los diagramas se han extraído del Datenbank StahlWissen Dr. Sommer Werkstofftechnik  
Versión: 2012

### ABRAMS ACEROS PREMIUM

es una marca registrada de  
Abrams Engineering Services GmbH & Co. KG  
Hannoversche Str. 38 · 49084 Osnabrück / Alemania  
Socio gerente: Dipl.-Wi.-Ing. Dr. Jürgen Abrams

Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRA 6865  
Número de Identificación Fiscal: DE 221940667  
Socia colectiva: ABRAMS Engineering Verwaltungs GmbH  
Juzgado municipal Osnabrück / Alemania, HRB 20019

T: +34 931 768 710 (Barcelona)  
T: +34 946 545 102 (Bilbao)  
E: ventas@aceros-premium.es

www.aceros-premium.es  
www.gui-a-de-aceros.es  
tienda.aceros-premium.es

www.aceros-premium.es/noticias



## **ANEXO III: ELEMENTOS COMERCIALES**

## PRENSA FRONTAL CON CARRERA VARIABLE Y SEGURO HIDRÁULICO



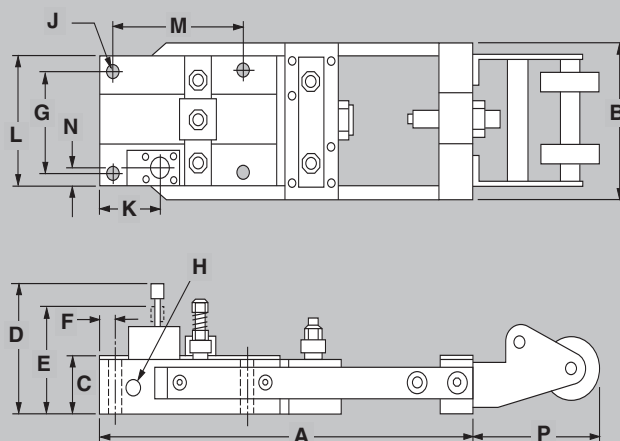
- Estructura en acero soldado distensionado en horno y blasting con bolillas de acero.
- Embrague y freno neumático, de operación suave y silenciosa, Tecnología OMPI (Italia).
- Válvula de accionamiento doble para mayor seguridad importada.
- Sistema hidráulico contra sobrecarga regulable importado.
- PLC de comando importado de 1ra marca internacional.
- Pilón guiado por 4 (cuatro) colizas extra largas con 8 (ocho) caras de apoyo.
- Caja de engranajes en baño de aceite permanente.
- Cilindros balanceadores de accionamiento neumático.

- Eje cigüeñal paralelo a las montantes.
- Regulación de la altura del pilón motorizada con indicador digital de posición importado.
- Sistema de lubricación por presión automático importado para el cigüeñal y colizas.
- Indicador de la posición del cigüeñal.
- Inverter para regulación de velocidad. (Opcional).
- Tablero de comando con luces indicadoras y sistema de seguridad para el operador en tablero independiente.
- Bajo nivel de ruido.
- Colchón o prensa-plancha neumático (Opcional).

Descripción	Un	PL21-25	PL21-45	PL21-63	PL21-80	PL21-110	PL21-125	PL21-160	PL21-200	PL21-250
Capacidad	kN	250	450	630	800	1100	1250	1600	2000	2500
Recorrido con la cap. máx.	mm	3	4	4	5	6	6	6	6	8
Recorrido del cepo	mm	10-110	20-120	10-150	10-150	10-160	10-160	16-160	19-180	21-220
Velocidad	Fija	gpm	100	80	70	60	50	50	40	35
	Variable Opcional	gpm	80-120	70-90	60-80	50-70	40-80	40-60	35-50	30-50
Altura máxima de matriz	mm	250	270	300	320	350	350	350	450	500
Ajuste de la altura de matriz	mm	50	60	80	80	80	80	10	110	120
Dist. entre el centro del cepo y las montantes	mm	210	230	300	300	350	350	380	390	420
Distancia entre montantes	mm	450	550	620	640	710	760	810	870	960
Dimensiones de la mesa inferior y espesor	mm	700x400x80	810x440x110	900x580x110	1000x580x120	1150x680x140	1150x680x140	1300x740x150	1400x760x160	1400x800x170
Dimensiones del agujero de la mesa	mm	Ø170x20xØ150	Ø180x30xØ160	Ø200x40xØ180	Ø200x40xØ180	420x540	420x540	480x600	Ø300x50xØ260	Ø320x50xØ280
Dimensiones de la mesa del cepo o pilón	mm	360x300	600x360	680x400	710x440	810x500	810x500	920x580	920x600	970x650
Agujero para cola de matriz	mm	Ø40x60	Ø40x60	Ø50x80	Ø50x80	Ø60x80	Ø60x80	Ø65x90	Ø65x90	Ø70x90
Potencia del motor principal	kW	3	5.5	7.5	7.5	11	11	15	18.5	22
Dimensiones aproximadas de la máquina	mm	1460x950	1600x1100	1680x1200	1750x1250	1850x1400	1850x1450	2250x1560	2500x1580	2730x1640
		x2380	x2800	x3050	x3150	x3250	x3250	x3765	x3420	x3550
Peso aproximado	kg	3100	4350	6500	8500	10800	11500	15000	17950	24500

## ESPECIFICACIONES

Modelo (mm)	Ancho máx. de cinta (mm)	Longitud de avance (mm)	Fuerza de arrastre a 7 bar (Kg)	Espeor (mm)	Velocidad Ver Nota 3 (GPM)	Consumo de aire por ciclo (LTR)	Peso de embarque (Kg)
AX2	38	0-50	11,2	1,2	280	0,03	3,5
AX4	38	0-100	11,2	1,1	220	0,06	4,0
AX6	38	0-150	11,2	1,0	180	0,09	5,0
CX3	76	0-76	22,6	2,0	220	0,09	9,0
CX6	76	0-150	22,6	1,9	160	0,14	11,0
CX9	76	0-230	22,6	1,8	110	0,23	13,0
CX12	76	0-300	22,6	1,7	95	0,28	14,5
DX4	100	0-100	22,6	1,9	195	0,11	11,0
DX6	100	0-150	22,6	1,8	145	0,17	13,5
DX12	100	0-300	22,6	1,6	85	0,34	17,0
FX4	150	0-100	49,1	2,1	160	0,17	18,0
FX6	150	0-150	49,1	2,0	140	0,23	19,0
FX9	150	0-230	49,1	1,9	110	0,31	20,0
FX12	150	0-300	49,1	1,8	80	0,40	23,0
HX4	230	0-100	49,1	2,0	145	0,17	25,0
HX6	230	0-150	49,1	1,9	125	0,23	27,0
HX9	230	0-230	49,1	1,8	100	0,31	29,5
HX12	230	0-300	49,1	1,7	70	0,40	31,8
LX6	300	0-150	78,5	2,3	100	0,37	59,0
LX12	300	0-300	78,5	2,0	60	0,65	70,0



Nota 1: La presión recomendada de operación es de 6 a 8 bar.

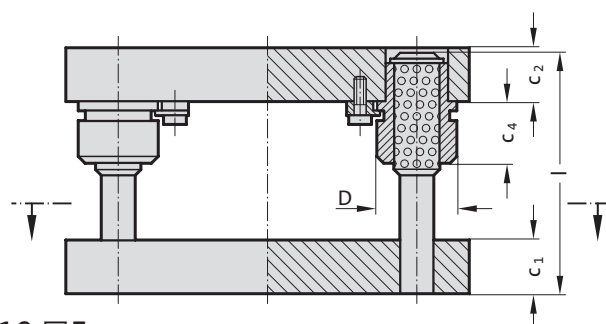
Nota 2: La capacidad en el espesor de cinta aumenta al disminuir el ancho hasta un máximo de 150%.

Nota 3: Velocidad aproximada a la longitud de avance máxima. La velocidad disminuye al incrementarse el peso del material alimentado.

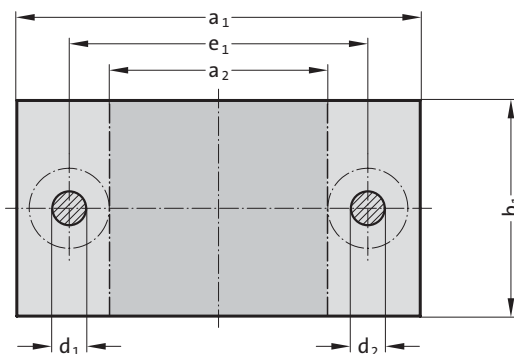
## DIMENSIONES (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
AX2	238	92	33	90	72	21	66,5	1/8 NPT	8,4	55	88	-	13	80
AX4	339	92	33	90	72	21	66,5	1/8 NPT	8,4	55	88	-	13	80
AX6	441	92	33	90	72	21	66,5	1/8 NPT	8,4	55	88	-	13	80
CX3	311	165	45,5	117	92	21	114	1/4 NPT	10	59	140	-	14	80
CX6	464	165	45,5	117	92	21	114	1/4 NPT	10	59	140	-	14	80
CX9	616	165	45,5	117	92	21	114	1/4 NPT	10	59	140	-	14	80
CX12	769	165	45,5	117	92	21	114	1/4 NPT	10	59	140	-	14	80
DX4	371	197	45,5	117	92	23	140	1/4 NPT	13,5	67	172	-	14	80
DX6	473	197	45,5	117	92	23	140	1/4 NPT	13,5	67	172	-	14	80
DX12	777	197	45,5	117	92	23	140	1/4 NPT	13,5	67	172	-	14	80
FX4	438	248	52	124	100	24,6	190,5	3/8 NPT	16,7	71	223	152,4	14	80
FX6	489	248	52	124	100	24,6	190,5	3/8 NPT	16,7	71	223	152,4	14	80
FX9	641	248	52	124	100	24,6	190,5	3/8 NPT	16,7	71	223	152,4	14	80
FX12	794	248	52	124	100	24,6	190,5	3/8 NPT	16,7	71	223	152,4	14	80
HX4	438	329	52	124	100	24,6	267	3/8 NPT	16,7	71	299	152,4	14	80
HX6	489	329	52	124	100	24,6	267	3/8 NPT	16,7	71	299	152,4	14	80
HX9	641	329	52	124	100	24,6	267	3/8 NPT	16,7	71	299	152,4	14	80
HX12	794	329	52	124	100	24,6	267	3/8 NPT	16,7	71	299	152,4	14	80
LX6	536	425	58,4	131	106	25,4	355,6	1/2 NPT	16,7	76	400	152,4	14	92
LX12	841	425	58,4	131	106	25,4	355,6	1/2 NPT	16,7	76	400	152,4	14	92

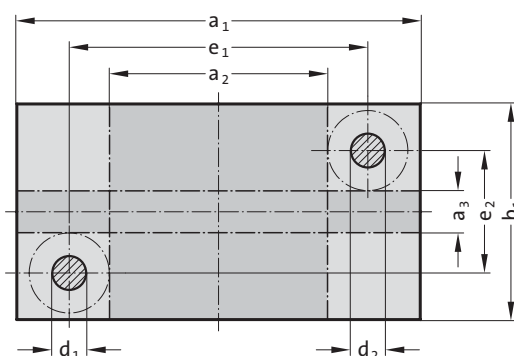
# Portamatrices a columnas sin placa intermedia ~DIN 9868/ISO 11415



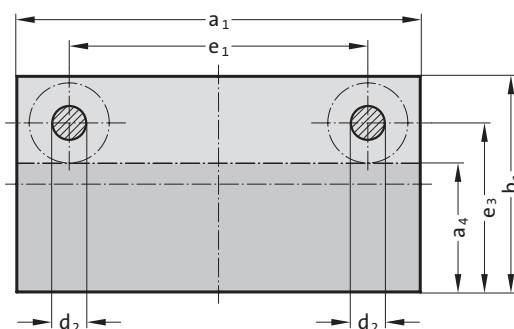
2010.□5.



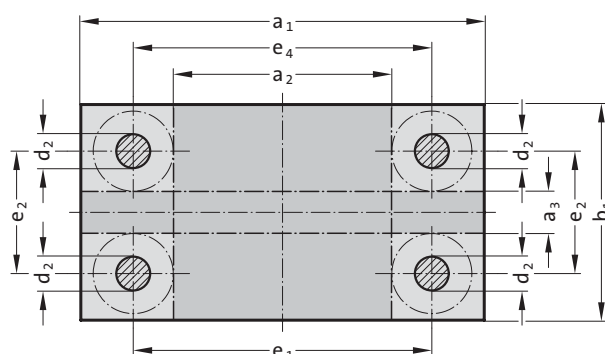
2010.□6.



2010.□7.

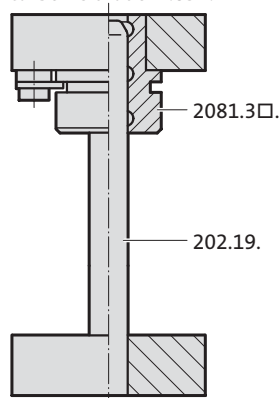


2010.□9.

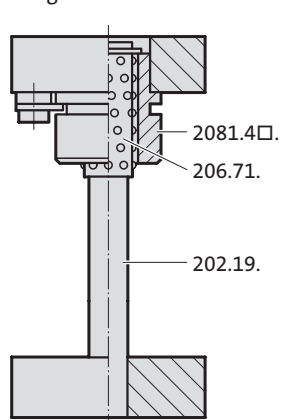


## Tipos de guiado standard

Casquillo con valona  
sinterizado  
carbonitrurado = .834.



Casquillo con valona,  
con guía a bolas = .862.



## Descripción:

Los portamatrices de acero FIBRO se suministran en ejecución standard con casquillos con valona, sean éstos sinterizados carbonitrurados o guiados a bolas. Los casquillos son montados con ajuste suave de gran precisión y sujetos por bridas.

## Execución:

Acero: Contornos exteriores fresados, Superficies planas de grosor rectificadas  
 $a_1$  o  $b_1 \leq 630 = +0,2/+0,4$   
 $a_1$  o  $b_1 > 630 = +0,2/+0,6$

Aluminio: Contornos exteriores serrados, Superficies planas de grosor rectificadas  
 $a_1$  o  $b_1 = +1/+4$

## Nota de pedido:

La disposición de las bridas depende de la posición de la superficie de trabajo, por ejemplo 2010.49.2520.4.862.1 a lo largo  
 .2 atravesado

## Nota:

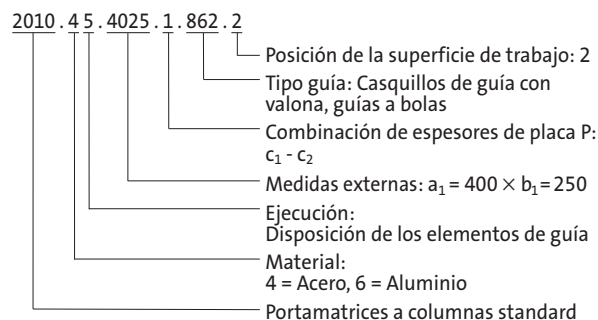
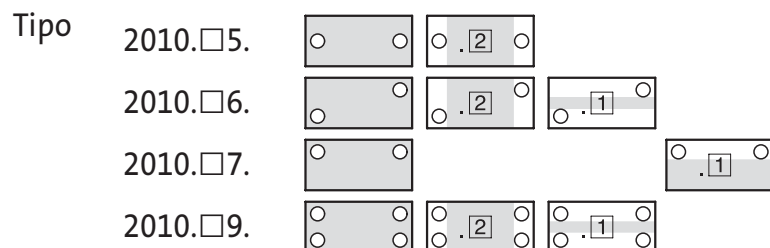
Sobre demanda, todos los portamatrices standard pueden ser suministrados con otros tipos de guía (combinaciones posibles véanse «Portamatrices a suministrar según especificaciones del cliente»), o bien en ejecuciones especiales.

# Portamatrices a columnas sin placa intermedia ~DIN 9868/ISO 11415



2010. □□ .

Principio de los códigos de pedido:

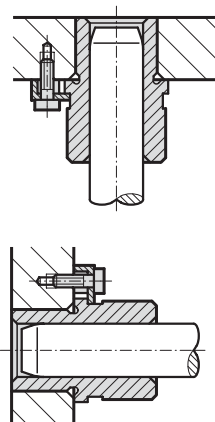
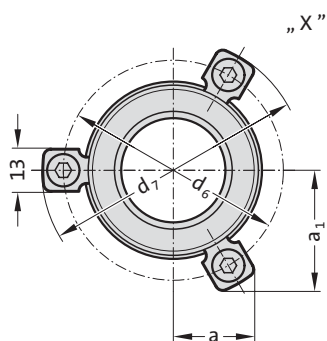
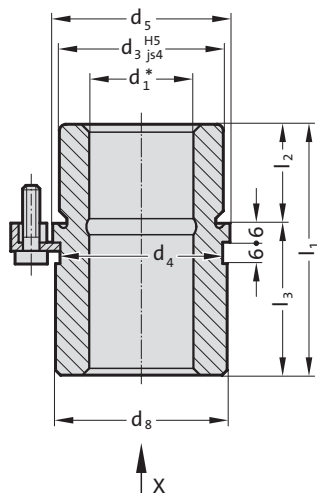


Código de pedido	Medidas ext. $a_1 \times b_1$	Superf. trabajo atravesado $a_2 \times b_1$	Superf. trabajo a lo largo $a_1 \times a_3$	Superf. trabajo a lo largo $a_1 \times a_4$	$c_{1 \pm 2}$	$c_{2 \pm 2}$	$c_4 S$	$c_4 K$	$d_1/d_2 \times l$	D	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$
2010. .1608. 1. . . . .	160 × 80	60 × 80	—	—	32	32	20	36	19/20 × 160	39	100	—	—	—
2010. .1610. 1. . . . .	160 × 100	60 × 100	—	160 × 50	32	32	20	36	19/20 × 160	39	100	—	70	—
2010. .1612. 1. . . . .	160 × 125	60 × 125	—	160 × 75	32	32	20	36	19/20 × 160	39	100	—	95	—
2010. .1616. 1. . . . .	160 × 160	60 × 160	160 × 60	160 × 110	32	32	20	36	19/20 × 160	39	100	100	130	103
2010. .2010. 1. . . . .	200 × 100	70 × 100	—	—	40	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	—	—
2010. .2010. 2. . . . .	200 × 100	70 × 100	—	—	40	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	—	—
2010. .2010. 3. . . . .	200 × 100	70 × 100	—	—	32	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	—	—
2010. .2010. 4. . . . .	200 × 100	70 × 100	—	—	32	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	—	—
2010. .2012. 1. . . . .	200 × 125	70 × 125	—	200 × 60	40	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	85	—
2010. .2012. 2. . . . .	200 × 125	70 × 125	—	200 × 60	40	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	85	—
2010. .2012. 3. . . . .	200 × 125	70 × 125	—	200 × 60	32	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	85	—
2010. .2012. 4. . . . .	200 × 125	70 × 125	—	200 × 60	32	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	85	—
2010. .2016. 1. . . . .	200 × 160	70 × 160	—	200 × 95	40	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	120	—
2010. .2016. 2. . . . .	200 × 160	70 × 160	—	200 × 95	40	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	120	—
2010. .2016. 3. . . . .	200 × 160	70 × 160	—	200 × 95	32	40	36	56	24/25 × 180	46	120	—	120	—
2010. .2016. 4. . . . .	200 × 160	70 × 160	—	200 × 95	32	32	36	56	24/25 × 180	46	120	—	120	—
2010. .2020. 1. . . . .	200 × 200	70 × 200	200 × 70	200 × 135	40	40	36	56	24/25 × 180	46	120	120	160	123
2010. .2020. 2. . . . .	200 × 200	70 × 200	200 × 70	200 × 135	40	32	36	56	24/25 × 180	46	120	120	160	123
2010. .2020. 3. . . . .	200 × 200	70 × 200	200 × 70	200 × 135	32	40	36	56	24/25 × 180	46	120	120	160	123
2010. .2020. 4. . . . .	200 × 200	70 × 200	200 × 70	200 × 135	32	32	36	56	24/25 × 180	46	120	120	160	123
2010. .2512. 1. . . . .	250 × 125	120 × 125	—	250 × 60	40	40	36	56	24/25 × 180	46	170	—	85	—
2010. .2512. 2. . . . .	250 × 125	120 × 125	—	250 × 60	40	32	36	56	24/25 × 180	46	170	—	85	—
2010. .2512. 3. . . . .	250 × 125	120 × 125	—	250 × 60	32	40	36	56	24/25 × 180	46	170	—	85	—
2010. .2512. 4. . . . .	250 × 125	120 × 125	—	250 × 60	32	32	36	56	24/25 × 180	46	170	—	85	—
2010. .2516. 1. . . . .	250 × 160	120 × 160	—	250 × 95	40	40	36	56	24/25 × 180	46	170	—	120	—
2010. .2516. 2. . . . .	250 × 160	120 × 160	—	250 × 95	40	32	36	56	24/25 × 180	46	170	—	120	—
2010. .2516. 3. . . . .	250 × 160	120 × 160	—	250 × 95	32	40	36	56	24/25 × 180	46	170	—	120	—
2010. .2516. 4. . . . .	250 × 160	120 × 160	—	250 × 95	32	32	36	56	24/25 × 180	46	170	—	120	—
2010. .2520. 1. . . . .	250 × 200	120 × 200	250 × 70	250 × 135	40	40	36	56	24/25 × 180	46	170	120	160	173
2010. .2520. 2. . . . .	250 × 200	120 × 200	250 × 70	250 × 135	40	32	36	56	24/25 × 180	46	170	120	160	173
2010. .2520. 3. . . . .	250 × 200	120 × 200	250 × 70	250 × 135	32	40	36	56	24/25 × 180	46	170	120	160	173
2010. .2520. 4. . . . .	250 × 200	120 × 200	250 × 70	250 × 135	32	32	36	56	24/25 × 180	46	170	120	160	173
2010. .2525. 1. . . . .	250 × 250	120 × 250	250 × 120	250 × 185	40	40	36	56	24/25 × 180	46	170	170	210	173
2010. .2525. 2. . . . .	250 × 250	120 × 250	250 × 120	250 × 185	40	32	36	56	24/25 × 180	46	170	170	210	173
2010. .2525. 3. . . . .	250 × 250	120 × 250	250 × 120	250 × 185	32	40	36	56	24/25 × 180	46	170	170	210	173
2010. .2525. 4. . . . .	250 × 250	120 × 250	250 × 120	250 × 185	32	32	36	56	24/25 × 180	46	170	170	210	173
2010. .3116. 1. . . . .	315 × 160	165 × 160	—	315 × 85	50	50	45	63	30/32 × 200	53	225	—	115	—
2010. .3116. 2. . . . .	315 × 160	165 × 160	—	315 × 85	50	40	45	63	30/32 × 200	53	225	—	115	—
2010. .3116. 3. . . . .	315 × 160	165 × 160	—	315 × 85	40	50	45	63	30/32 × 200	53	225	—	115	—
2010. .3116. 4. . . . .	315 × 160	165 × 160	—	315 × 85	40	40	45	63	30/32 × 200	53	225	—	115	—
2010. .3120. 1. . . . .	315 × 200	165 × 200	315 × 50	315 × 125	50	50	45	63	30/32 × 200	53	225	110	155	228
2010. .3120. 2. . . . .	315 × 200	165 × 200	315 × 50	315 × 125	50	40	45	63	30/32 × 200	53	225	110	155	228
2010. .3120. 3. . . . .	315 × 200	165 × 200	315 × 50	315 × 125	40	50	45	63	30/32 × 200	53	225	110	155	228
2010. .3120. 4. . . . .	315 × 200	165 × 200	315 × 50	315 × 125	40	40	45	63	30/32 × 200	53	225	110	155	228
2010. .3125. 1. . . . .	315 × 250	165 × 250	315 × 100	315 × 175	50	50	45	63	30/32 × 200	53	225	160	205	228
2010. .3125. 2. . . . .	315 × 250	165 × 250	315 × 100	315 × 175	50	40	45	63	30/32 × 200	53	225	160	205	228
2010. .3125. 3. . . . .	315 × 250	165 × 250	315 × 100	315 × 175	40	50	45	63	30/32 × 200	53	225	160	205	228
2010. .3125. 4. . . . .	315 × 250	165 × 250	315 × 100	315 × 175	40	40	45	63	30/32 × 200	53	225	160	205	228
2010. .3131. 1. . . . .	315 × 315	165 × 315	315 × 165	315 × 240	50	50	45	63	30/32 × 200	53	225	225	270	228
2010. .3131. 2. . . . .	315 × 315	165 × 315	315 × 165	315 × 240	50	40	45	63	30/32 × 200	53	225	225	270	228
2010. .3131. 3. . . . .	315 × 315	165 × 315	315 × 165	315 × 240	40	50	45	63	30/32 × 200	53	225	225	270	228
2010. .3131. 4. . . . .	315 × 315	165 × 315	315 × 165	315 × 240	40	40	45	63	30/32 × 200	53	225	225	270	228
2010. .4020. 1. . . . .	400 × 200	250 × 200	400 × 50	400 × 125	50	50	45	63	30/32 × 200	53	310	110	155	313
2010. .4020. 2. . . . .	400 × 200	250 × 200	400 × 50	400 × 125	50	40	45	63	30/32 × 200	53	310	110	155	313
2010. .4020. 3. . . . .	400 × 200	250 × 200	400 × 50	400 × 125	40	50	45	63	30/32 × 200	53	310	110	155	313
2010. .4020. 4. . . . .	400 × 200	250 × 200	400 × 50	400 × 125	40	40	45	63	30/32 × 200	53	310	110	155	313
2010. .4025. 1. . . . .	400 × 250	250 × 250	400 × 100	400 × 175	50	50	45	63	30/32 × 200	53	310	160	205	313
2010. .4025. 2. . . . .	400 × 250	250 × 250	400 × 100	400 × 175	50	40	45	63	30/32 × 200	53	310	160	205	313
2010. .4025. 3. . . . .	400 × 250	250 × 250	400 × 100	400 × 175	40	50	45	63	30/32 × 200	53	310	160	205	313
2010. .4025. 4. . . . .	400 × 250	250 × 250	400 × 100	400 × 175	40	40	45	63	30/32 × 200	53	310	160	205	313
2010. .4031. 1. . . . .	400 × 315	250 × 315	400 × 165	400 × 240	50	50	45	63	30/32 × 200	53	310	225	270	313
2010. .4031. 2. . . . .	400 × 315	250 × 315	400 × 165	400 × 240	50	40	45	63	30/32 × 200	53	310	225	270	313

# Casquillo de guía con valona, hierro sinterizado carbonitrurado con engrase permanente, ISO 9448-6

2081.34.

Ejemplo de montaje



## Material:

Hierro sinterizado de gran pureza, carbonitrurado, con engrase permanente

## Ejecución:

Superficies de rodadura y superficie del diámetro del alojamiento en rectificado fino.

## Nota:

La sujeción se efectúa con 3 bridas de sujeción, a partir del  $\varnothing d_1 = 38$  con 4 bridas, las cuales están incluidas en el suministro (Código: 207.45 - Brida de sujeción incluyendo tornillo DIN 6912, cabeza del tornillo  $\varnothing 13$ ).

Descripción de guiados lisos. Ver al principio del capítulo D.

\* Juego en guiado. Ver clasificación de emparejamientos al principio del capítulo D.

Combinaciones de guiado recomendados. Ver selección al principio del capítulo D.

Instrucciones de montaje / Tabla de medidas, al final del capítulo D.

Campo de Tolerancias:

amarillo = .10

verde = .20

rojo = .30



2081.34. Casquillo de guía con valona, hierro sinterizado carbonitrurado con engrase permanente, ISO 9448-6

$d_1$	19 20	24 25	30 32	38 40	48 50	60 63
$d_3$	32	40	48	58	70	85
$d_4$	32	40	48	58	70	85
$d_5$	40	48	56	66	80	95
$d_6$	52	60	67	77	91	106
$d_7$	64.7	72.7	79.7	89.7	103.7	118.7
$d_8$	39	46	53	63	77	92
$a$	20.7	22.65	24.4	35.3	40.2	45.5
$a_1$	30	33.4	36.4	35.3	40.2	45.5
$l_1$	43	59	75	82	97	116
$l_2$	23	23	30	37	47	60
$l_3$	20	36	45	45	50	56

## Ejemplo de código:

Casquillo de guía con valona, hierro sinterizado carbonitrurado con engrase permanente, ISO 9448-6

Diámetro de guía  $d_1$

Clasificación TOL

Código

= 2081.34.

38 mm = 038.

amarillo = 10

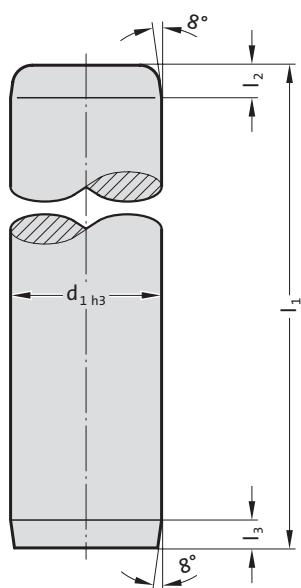
= 2081.34. 038. 10



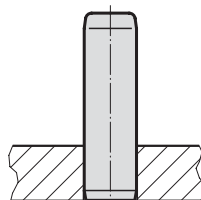
# Columna de guía DIN 9825/ISO 9182-2



202.19.



Ejemplo de montaje



## Material:

Acero, (Resistencia a la tracción en el núcleo:  $\geq 900 \text{ N/mm}^2$ ) templado superficial

Dureza superficial: 60 + 3 HRC, Profundidad de temple  $\geq 1,8 \text{ mm}$  (templado integramente hasta  $\varnothing 12$ )

## Ejecución:

rectificado fino y lapeado

Por razones técnicas de fabricación, los taladros de centraje no son concéntricos con el diámetro exterior.

## Nota:

Los  $\varnothing 3 - \varnothing 8$  se entregan sin clasificar.

Los  $\varnothing 10 - \varnothing 12$  sólo disponible en el campo de tolerancias amarillo = .10

Juego en guiado / Precargas en guiado. Ver clasificación de empaquetamientos al principio del capítulo D.

Combinaciones de guiado recomendados. Ver selección al principio del capítulo D.

Instrucciones de montaje / Tabla de medidas, al final del capítulo D.

Campo de Tolerancias:

amarillo = .10; verde = .20; rojo = .30

## 202.19. Columna de guía DIN 9825/ISO 9182-2

$d_1$	3	4 5	6	8	10	11 12	15 16	19 20	24 25	30 32	38 40	48 50	60 63	80
$l_2$	2	2	2	3	3	3	4	4	6	6	6	8	8	8
$l_3$	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$l_1$														
30	●													
40	●	●	●											
50	●	●	●	●										
60	●	●	●	●										
80	●	●	●	●		●								
90					●	●	●		●					
100		●	●	●	●	●	●	●	●					
112					●	●	●	●	●					
125			●	●	●	●	●	●	●	●				
140			●	●	●	●	●	●	●	●	●			
160			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
180							●	●	●	●	●	●	●	
200							●	●	●	●	●	●	●	
224							●	●	●	●	●	●	●	
250							●	●	●	●	●	●	●	●
280							●	●	●	●	●	●	●	●
315							●	●	●	●	●	●	●	●
355							●	●	●	●	●	●	●	●
400								●	●	●	●	●	●	●
450									●	●	●	●	●	●
500									●	●	●	●	●	●
550										●	●	●	●	●
600											●	●	●	●
700												●	●	●
800													●	●

## Ejemplo de código:

Columna de guía DIN 9825/ISO 9182-2 = 202.19.

Diámetro de guía  $d_1$  25 mm = 025.

Longitud  $l_1$  224 mm = 224.

Clasificación TOL amarillo = 10

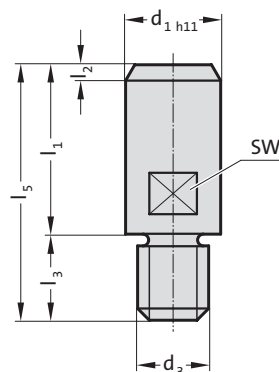
Código = 202.19. 025. 224. 10

## Perno roscado

### Perno roscado DIN ISO 10242-1



211.11.



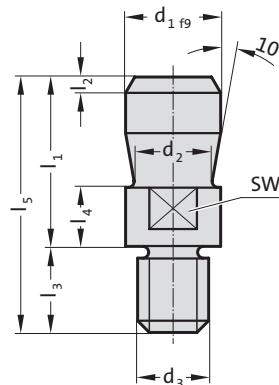
211.11. Perno roscado

Código	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>5</sub>	SW*
211.11.20.016	20	M16x1,5	40	3	18	58	17
211.11.25.016	25	M16x1,5	45	4	23	68	21
211.11.25.020	25	M20x1,5	45	4	23	68	21
211.11.32.020	32	M20x1,5	56	4	23	79	27
211.11.32.024	32	M24x1,5	56	4	23	79	27
211.11.40.024	40	M24x1,5	70	5	23	93	36
211.11.40.030	40	M30x2	70	5	23	93	36
211.11.50.030	50	M30x2	80	6	28	108	41
211.11.65.042	65	M42x3	100	8	28	128	55

\*SW = Ancho de llave



211.12.



211.12. Perno roscado DIN ISO 10242-1

Código	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	SW*
211.12.20.016	20	15	M16x1,5	40	2	18	12	58	17
211.12.25.016	25	20	M16x1,5	45	2,5	23	16	68	21
211.12.25.020	25	20	M20x1,5	45	2,5	23	16	68	21
211.12.32.020	32	25	M20x1,5	56	3	23	16	79	27
211.12.32.024	32	25	M24x1,5	56	3	23	16	79	27
211.12.40.024	40	32	M24x1,5	70	4	23	26	93	36
211.12.40.027	40	32	M27x2	70	4	23	26	93	36
211.12.40.030	40	32	M30x2	70	4	23	26	93	36
211.12.50.030	50	42	M30x2	80	5	28	26	108	41
211.12.65.042	65	53	M42x3	100	8	28	26	128	55

\*SW = Ancho de llave

# Muelle helicoidal especial, DIN ISO 10243



- $D_h$  = Diámetro del casquillo  
 $D_d$  = Diámetro de perno (guía interior) en mm  
 $L_0$  = Longitud del muelle en reposo  
 $L_1...L_n$  = Longitudes bajo carga, en función de las fuerzas de muelle  $F_1...F_n$   
 $L_{BL}$  = Longitud del muelle totalmente comprimido  
 $F_1...F_n$  = Fuerzas de muelle en N en función de las longitudes de muelle  $L_1...L_n$   
 $S_{v1}...S_{v7}$  = Recorrido mínimo de pretensión en función de las carreras de muelle  $S_1...S_7$   
 $S_1...S_n$  = Recorridos de muelle en función de las fuerzas de muelle  $F_1...F_n$   
 $R$  = Relación muelle en N/mm  
 $S_{A1}...S_{A7}$  = Carrera de trabajo

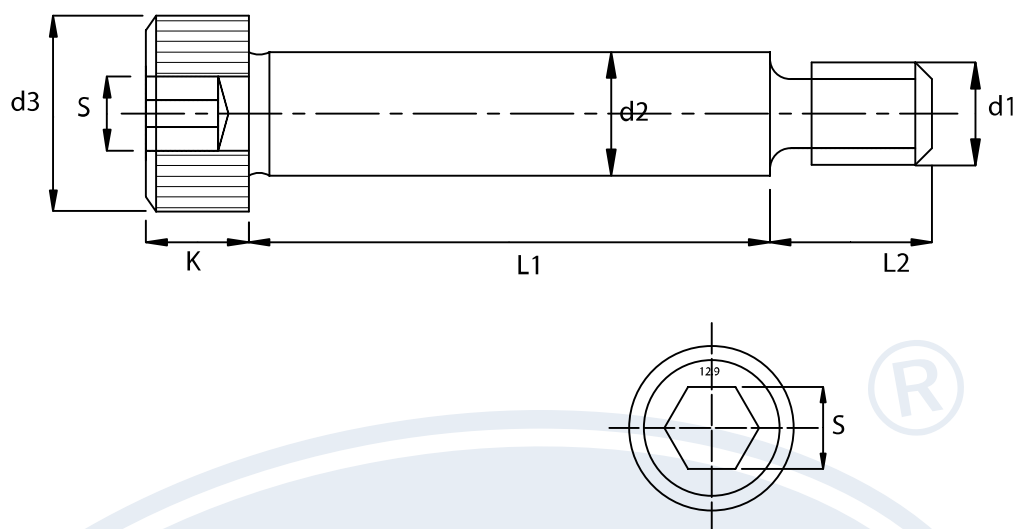


## 241.17. Muelle helicoidal especial, DIN ISO 10243 Color de marcaje: Amarillo

Código	$D_h$	$D_d$	$L_0$	$R$	30% Carrera del muelle				40% Carrera del muelle				45% Carrera del muelle				50% Carrera del muelle			
					$S_1$	$S_{v1}$	$S_{A1}$	$F_1$	$S_2$	$S_{v2}$	$S_{A2}$	$F_2$	$S_3$	$S_{v3}$	$S_{A3}$	$F_3$	$S_4$	$S_{v4}$	$S_{A4}$	$F_4$
241.17.32.038	32,0	16,0	38	529	3,3	1,4	1,9	1746	4,4	1,4	3,0	2328	5,0	1,4	3,6	2645	5,5	2,0	3,5	2910
241.17.32.044	32,0	16,0	44	425	3,9	1,7	2,2	1958	5,2	1,7	3,5	2210	5,9	1,7	4,2	2508	6,5	2,3	4,2	2763
241.17.32.051	32,0	16,0	51	353	4,5	2,0	2,5	1589	6,0	2,0	4,0	2118	6,8	2,0	4,8	2400	7,5	2,7	4,8	2648
241.17.32.064	32,0	16,0	64	269	6,0	2,6	3,4	1614	8,0	2,6	5,4	2152	9,0	2,6	6,4	2421	10,0	3,6	6,4	2690
241.17.32.076	32,0	16,0	76	219	7,2	3,1	4,1	1577	9,6	3,1	6,5	2102	10,8	3,1	7,7	2365	12,0	4,3	7,7	2628
241.17.32.089	32,0	16,0	89	180	8,7	3,8	4,9	1566	11,6	3,8	7,8	2088	13,1	3,8	9,3	2358	14,5	5,2	9,3	2610
241.17.32.102	32,0	16,0	102	155	9,9	4,3	5,6	1535	13,2	4,3	8,9	2046	14,9	4,3	10,6	2310	16,5	5,9	10,6	2558
241.17.32.115	32,0	16,0	115	140	10,8	4,7	6,1	1512	14,4	4,7	9,7	2016	16,2	4,7	11,5	2268	18,0	6,5	11,5	2520
241.17.32.127	32,0	16,0	127	124	12,3	5,3	7,0	1525	16,4	5,3	11,1	2034	18,5	5,3	13,2	2294	20,5	7,4	13,1	2542
241.17.32.139	32,0	16,0	139	112	14,4	6,2	8,2	1613	19,2	6,2	13,0	2150	21,6	6,2	15,4	2419	24,0	8,6	15,4	2688
241.17.32.152	32,0	16,0	152	102	15,0	6,5	8,5	1530	20,0	6,5	13,5	2040	22,5	6,5	16,0	2295	25,0	9,0	16,0	2550
241.17.32.178	32,0	16,0	178	88,3	17,7	7,7	10,0	1563	23,6	7,8	15,9	2084	26,6	7,7	18,9	2349	29,5	10,6	18,9	2605
241.17.32.203	32,0	16,0	203	76,0	20,4	8,8	11,6	1550	27,2	8,8	18,4	2067	30,6	8,8	21,8	2326	34,0	12,2	21,8	2584
241.17.32.254	32,0	16,0	254	60,8	25,5	11,1	14,4	1550	34,0	11,1	22,9	2067	38,3	11,1	27,2	2329	42,5	15,3	27,2	2584
241.17.32.305	32,0	16,0	305	49,1	30,9	13,4	17,5	1517	41,2	13,4	27,8	2023	46,4	13,4	33,0	2278	51,5	18,5	33,0	2529

Código	$D_h$	$D_d$	$L_0$	$R$	55% Carrera del muelle				62% Carrera del muelle				80% Carrera del muelle				100% Carrera del muelle			
					$S_5$	$S_{v5}$	$S_{A5}$	$F_5$	$S_6$	$S_{v6}$	$S_{A6}$	$F_6$	$S_7$	$S_{v7}$	$S_{A7}$	$F_7$	$S_n$	$L_n$	$F_n$	
241.17.32.038	32,0	16,0	38	529	6,1	2,5	3,6	3227	6,8	3,3	3,5	3597	8,8	6,4	2,4	4655	11,0	27,0	5819,0	
241.17.32.044	32,0	16,0	44	425	7,2	3,0	4,2	3060	8,1	3,9	4,2	3443	10,4	7,5	2,9	4420	13,0	31,0	5525,0	
241.17.32.051	32,0	16,0	51	353	8,3	3,5	4,8	2930	9,3	4,5	4,8	3283	12,0	8,7	3,3	4236	15,0	36,0	5295,0	
241.17.32.064	32,0	16,0	64	269	11,0	4,6	6,4	2959	12,4	6,0	6,4	3336	16,0	11,6	4,4	4304	20,0	44,0	5380,0	
241.17.32.076	32,0	16,0	76	219	13,2	5,5	7,7	2891	14,9	7,2	7,7	3263	19,2	13,9	5,3	4205	24,0	52,0	5256,0	
241.17.32.089	32,0	16,0	89	180	16,0	6,7	9,3	2880	18,0	8,7	9,3	3240	23,2	16,8	6,4	4176	29,0	60,0	5220,0	
241.17.32.102	32,0	16,0	102	155	18,2	7,6	10,6	2821	20,5	9,9	10,6	3178	26,4	19,1	7,3	4092	33,0	69,0	5115,0	
241.17.32.115	32,0	16,0	115	140	19,8	8,3	11,5	2772	22,3	10,8	11,5	3122	28,8	20,9	7,9	4032	36,0	79,0	5040,0	
241.17.32.127	32,0	16,0	127	124	22,6	9,4	13,2	2802	25,4	12,3	13,1	3150	32,8	23,8	9,0	4067	41,0	86,0	5084,0	
241.17.32.139	32,0	16,0	139	112	26,4	11,0	15,4	2957	29,8	14,4	15,4	3338	38,4	27,8	10,6	4301	48,0	91,0	5376,0	
241.17.32.152	32,0	16,0	152	102	27,5	11,5	16,0	2805	31,0	15,0	16,0	3162	40,0	29,0	11,0	4080	50,0	102,0	5100,0	
241.17.32.178	32,0	16,0	178	88,3	32,5	13,6	18,9	2870	36,6	17,7	18,9	3232	47,2	34,2	13,0	4168	59,0	119,0	5209,7	
241.17.32.203	32,0	16,0	203	76,0	37,4	15,6	21,8	2842	42,2	20,4	21,8	3207	54,4	39,4	15,0	4134	68,0	135,0	5168,0	
241.17.32.254	32,0	16,0	254	60,8	46,8	19,6	27,2	2845	52,7	25,5	27,2	3204	68,0	49,3	18,7	4134	85,0	169,0	5168,0	
241.17.32.305	32,0	16,0	305	49,1	56,7	23,7	33,0	2784	63,9	30,9	33,0	3137	82,4	59,7	22,7	4046	103,0	202,0	5057,3	

## Tornillo Tope Guía ISO 7379

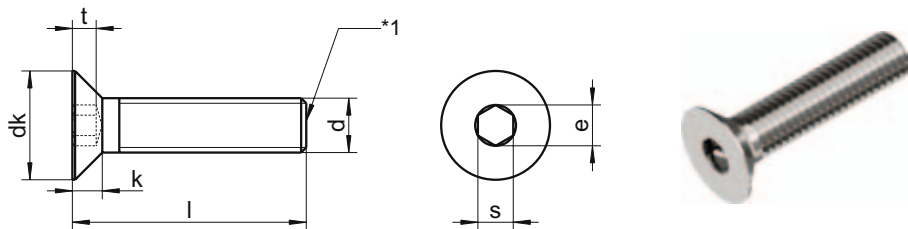


Material: Acero 12.9  
Dureza: Hrc 37÷43

	d1	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
d2	5	6	8	10	12	16	20	24	36
d3	8	10	13	16	18	24	30	36	48
K	4,0	4,5	5,5	7	9	11	14	16	20
L2	8,0	9,5	11	13	16	18	22	27	34
S	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
L1	10	o	o	o					
	12	o	o	o					
	15	o	o	o	o	o			
	16	o	o	o	o	o			
	20	o	o	o	o	o			
	25	o	o	o	o	o			
	30	o	o	o	o	o	o	o	
	35	o	o	o	o	o	o	o	
	40	o	o	o	o	o	o	o	o
	45	o	o	o	o	o	o	o	o
	50	o	o	o	o	o	o	o	o
	55		o	o	o	o	o	o	o
	60		o	o	o	o	o	o	o
	65		o	o	o	o	o	o	o
	70		o	o	o	o	o	o	o
	80		o	o	o	o	o	o	o
	90			o	o	o	o	o	o
	100			o	o	o	o	o	o
	110				o	o	o	o	o
	120				o	o	o	o	o
	140					o	o	o	o
	160						o	o	o
	200						o	o	o

Forma de pedido: TORNILLO TOPE GUÍA ISO 7379 d1xL1

sim. ISO 10642 - **DIN 7991 VO**  
**Tornillo avellanado Allen**  
rosca completa



dk	6	8	10	12	16	20	24	30	36	39
k	1,7	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	7,5	14,0
s	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
t	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4,4	4,6	5,3	5,3	10,3
e	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	11,43	16,00
●	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Long. / Ø	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
25	▲●									
30	▲●	▲●								
35	▲●	▲●	▲●							
40	▲●	▲●	▲●	▲●						
45		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
50		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●				
55		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
60		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●			
65		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
70		▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
75			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●		
80			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	
90			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
100			▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
110					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
120					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
130					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
140					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
150					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
160					▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
UV	500	200	200 ≥ 90 100	200 ≥ 45 100	100 ≥ 70 50	100 ≥ 50 50	50 ≥ 80 25	25	25	25

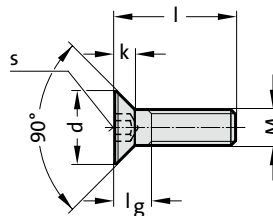
■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido  
Ejemplo Art.-Nr.: 7991-2-8X45VO DIN 7991 - A2 - M8 - l = 45mm - Rosca completa

Por favor tenga en cuenta que nuestra gama de suministro DIN 7991 VO se compone de medidas que, en contra de la norma, tienen rosca entera. Los tornillos avellanados ranurados están como DIN 963, con impronta en cruz H y Z como DIN 965, con impronta TX como WS 9470 y WS 9475. Como tornillo de seguridad TX+PIN bajo WS 9482 de este catálogo.

# Tornillo Allen con cabeza cónica, ISO 10642 - Categoría de resistencia 8.8



2192.30.



## 2192.30. Tornillo Allen con cabeza cónica, ISO 10642 - Categoría de resistencia 8.8

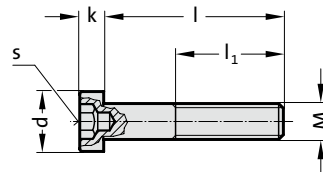
Código	M	l	l <sub>g</sub>	d	k	s
2192.30.03.006	M3	6	3,2	6	1,7	2
2192.30.03.008	M3	8	3,2	6	1,7	2
2192.30.03.010	M3	10	3,2	6	1,7	2
2192.30.04.008	M4	8	4,4	8	2,3	2,5
2192.30.05.010	M5	10	5,2	10	2,8	3
2192.30.05.012	M5	12	5,2	10	2,8	3
2192.30.05.016	M5	16	5,2	10	2,8	3
2192.30.05.020	M5	20	5,2	10	2,8	3
2192.30.05.025	M5	25	5,2	10	2,8	3
2192.30.05.030	M5	30	5,2	10	2,8	3
2192.30.06.010	M6	10	6,3	12	3,3	4
2192.30.06.012	M6	12	6,3	12	3,3	4
2192.30.06.016	M6	16	6,3	12	3,3	4
2192.30.06.020	M6	20	6,3	12	3,3	4
2192.30.06.025	M6	25	6,3	12	3,3	4
2192.30.06.030	M6	30	6,3	12	3,3	4
2192.30.08.010	M8	10	5,6	16	4,4	5
2192.30.08.016	M8	16	8,2	16	4,4	5
2192.30.08.020	M8	20	8,2	16	4,4	5
2192.30.08.025	M8	25	8,2	16	4,4	5
2192.30.08.030	M8	30	8,2	16	4,4	5
2192.30.10.020	M10	20	10	20	5,5	6
2192.30.10.025	M10	25	10	20	5,5	6
2192.30.10.040	M10	40	10	20	5,5	6
2192.30.12.030	M12	30	11,8	24	6,5	8
2192.30.12.050	M12	50	11,8	24	6,5	8



# Tornillo Allen de cabeza cilíndrica, con altura de cabeza reducida y guía de llave, DIN 6912 - Categoría de resistencia 8.8



2192.20.



## 2192.20. Tornillo Allen de cabeza cilíndrica, con altura de cabeza reducida y guía de llave, DIN 6912 - Categoría de resistencia 8.8

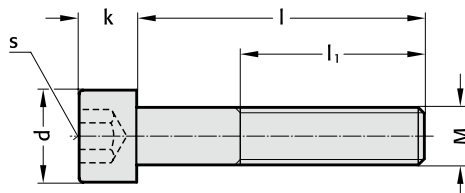
Código	M	l	l <sub>1</sub>	d	k	s	Código	M	l	l <sub>1</sub>	d	k	s
2192.20.04.008	M4	8	6	7	2,8	3	2192.20.06.035	M6	35	18	10	4	5
2192.20.04.010	M4	10	8	7	2,8	3	2192.20.06.040	M6	40	18	10	4	5
2192.20.04.012	M4	12	10	7	2,8	3	2192.20.06.045	M6	45	18	10	4	5
2192.20.04.016	M4	16	14	7	2,8	3	2192.20.06.050	M6	50	18	10	4	5
2192.20.04.020	M4	20	14	7	2,8	3	2192.20.08.010	M8	10	5,3	13	5	6
2192.20.04.025	M4	25	14	7	2,8	3	2192.20.08.012	M8	12	7,3	13	5	6
2192.20.04.030	M4	30	14	7	2,8	3	2192.20.08.016	M8	16	11,3	13	5	6
2192.20.04.035	M4	35	14	7	2,8	3	2192.20.08.018	M8	18	13,3	13	5	6
2192.20.04.040	M4	40	14	7	2,8	3	2192.20.08.020	M8	20	15,3	13	5	6
2192.20.05.008	M5	8	5,4	8,5	3,5	4	2192.20.08.025	M8	25	20,3	13	5	6
2192.20.05.010	M5	10	7,4	8,5	3,5	4	2192.20.08.030	M8	30	22	13	5	6
2192.20.05.012	M5	12	9,4	8,5	3,5	4	2192.20.08.035	M8	35	22	13	5	6
2192.20.05.016	M5	16	13,4	8,5	3,5	4	2192.20.08.040	M8	40	22	13	5	6
2192.20.05.020	M5	20	16	8,5	3,5	4	2192.20.08.045	M8	45	22	13	5	6
2192.20.05.025	M5	25	16	8,5	3,5	4	2192.20.08.050	M8	50	22	13	5	6
2192.20.05.030	M5	30	16	8,5	3,5	4	2192.20.08.060	M8	60	22	13	5	6
2192.20.05.035	M5	35	16	8,5	3,5	4	2192.20.10.020	M10	20	14,5	16	6,5	8
2192.20.05.040	M5	40	16	8,5	3,5	4	2192.20.10.025	M10	25	19,5	16	6,5	8
2192.20.06.008	M6	8	4,3	10	4	5	2192.20.10.030	M10	30	25,5	16	6,5	8
2192.20.06.010	M6	10	6,3	10	4	5	2192.20.10.060	M10	60	26	16	6,5	8
2192.20.06.012	M6	12	8,3	10	4	5	2192.20.10.080	M10	80	26	16	6,5	8
2192.20.06.016	M6	16	12,3	10	4	5	2192.20.10.090	M10	90	26	16	6,5	8
2192.20.06.018	M6	18	14,3	10	4	5	2192.20.12.030	M12	30	20	18	7,5	10
2192.20.06.020	M6	20	16,3	10	4	5	2192.20.12.035	M12	35	25	18	7,5	10
2192.20.06.025	M6	25	21,3	10	4	5	2192.20.16.040	M16	40	34	24	8	14
2192.20.06.030	M6	30	18	10	4	5							



# Tornillo ALLEN de cabeza cilíndrica, DIN EN ISO 4762 - Categoría de resistencia 12.9



2192.12.



## 2192.12. Tornillo ALLEN de cabeza cilíndrica, DIN EN ISO 4762 - Categoría de resistencia 12.9

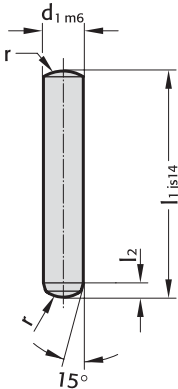
Código	M	l	l <sub>1</sub>	d	k	s	Código	M	l	l <sub>1</sub>	d	k	s	Código	M	l	l <sub>1</sub>	d	k	s
2192.12.03.008	M3	8	6	5,5	3	2,5	2192.12.08.095	M8	95	28	13	8	6	2192.12.16.025	M16	25	19	24	16	14
2192.12.04.010	M4	10	8	7	4	3	2192.12.08.100	M8	100	28	13	8	6	2192.12.16.030	M16	30	24	24	16	14
2192.12.05.012	M5	12	9,6	8,5	5	4	2192.12.08.105	M8	105	28	13	8	6	2192.12.16.035	M16	35	29	24	16	14
2192.12.05.016	M5	16	13,6	8,5	5	4	2192.12.08.110	M8	110	28	13	8	6	2192.12.16.040	M16	40	34	24	16	14
2192.12.05.020	M5	20	17,6	8,5	5	4	2192.12.08.115	M8	115	28	13	8	6	2192.12.16.050	M16	50	44	24	16	14
2192.12.05.025	M5	25	21,6	8,5	5	4	2192.12.08.120	M8	120	28	13	8	6	2192.12.16.055	M16	55	49	24	16	14
2192.12.05.030	M5	30	22	8,5	5	4	2192.12.08.160	M8	160	28	13	8	6	2192.12.16.060	M16	60	54	24	16	14
2192.12.05.035	M5	35	22	8,5	5	4	2192.12.10.012	M10	12	7	16	10	8	2192.12.16.065	M16	65	44	24	16	14
2192.12.05.040	M5	40	22	8,5	5	4	2192.12.10.016	M10	16	11	16	10	8	2192.12.16.070	M16	70	44	24	16	14
2192.12.05.045	M5	45	22	8,5	5	4	2192.12.10.020	M10	20	15	16	10	8	2192.12.16.080	M16	80	44	24	16	14
2192.12.05.050	M5	50	22	8,5	5	4	2192.12.10.025	M10	25	20	16	10	8	2192.12.16.090	M16	90	44	24	16	14
2192.12.05.055	M5	55	22	8,5	5	4	2192.12.10.030	M10	30	25	16	10	8	2192.12.16.100	M16	100	44	24	16	14
2192.12.05.060	M5	60	22	8,5	5	4	2192.12.10.035	M10	35	30	16	10	8	2192.12.16.110	M16	110	44	24	16	14
2192.12.05.065	M5	65	22	8,5	5	4	2192.12.10.040	M10	40	35	16	10	8	2192.12.16.120	M16	120	44	24	16	14
2192.12.05.070	M5	70	22	8,5	5	4	2192.12.10.045	M10	45	32	16	10	8	2192.12.16.130	M16	130	44	24	16	14
2192.12.05.075	M5	75	22	8,5	5	4	2192.12.10.050	M10	50	32	16	10	8	2192.12.16.140	M16	140	44	24	16	14
2192.12.05.080	M5	80	22	8,5	5	4	2192.12.10.055	M10	55	32	16	10	8	2192.12.16.150	M16	150	44	24	16	14
2192.12.06.010	M6	10	7	10	6	5	2192.12.10.060	M10	60	32	16	10	8	2192.12.16.160	M16	160	44	24	16	14
2192.12.06.016	M6	16	13	10	6	5	2192.12.10.065	M10	65	32	16	10	8	2192.12.16.180	M16	180	44	24	16	14
2192.12.06.020	M6	20	17	10	6	5	2192.12.10.070	M10	70	32	16	10	8	2192.12.16.200	M16	200	44	24	16	14
2192.12.06.025	M6	25	22	10	6	5	2192.12.10.075	M10	75	32	16	10	8	2192.12.16.220	M16	220	44	24	16	14
2192.12.06.030	M6	30	27	10	6	5	2192.12.10.080	M10	80	32	16	10	8	2192.12.16.240	M16	240	44	24	16	14
2192.12.06.035	M6	35	24	10	6	5	2192.12.10.090	M10	90	32	16	10	8	2192.12.16.260	M16	260	44	24	16	14
2192.12.06.040	M6	40	24	10	6	5	2192.12.10.100	M10	100	32	16	10	8	2192.12.16.280	M16	280	44	24	16	14
2192.12.06.045	M6	45	24	10	6	5	2192.12.10.110	M10	110	32	16	10	8	2192.12.16.300	M16	300	44	24	16	14
2192.12.06.050	M6	50	24	10	6	5	2192.12.10.120	M10	120	32	16	10	8	2192.12.20.100	M20	100	52	30	20	17
2192.12.06.055	M6	55	24	10	6	5	2192.12.10.130	M10	130	32	16	10	8	2192.12.20.110	M20	110	52	30	20	17
2192.12.06.060	M6	60	24	10	6	5	2192.12.10.150	M10	150	32	16	10	8	2192.12.20.120	M20	120	52	30	20	17
2192.12.06.065	M6	65	24	10	6	5	2192.12.10.180	M10	180	32	16	10	8	2192.12.20.130	M20	130	52	30	20	17
2192.12.06.070	M6	70	24	10	6	5	2192.12.10.220	M10	220	32	16	10	8	2192.12.20.140	M20	140	52	30	20	17
2192.12.06.080	M6	80	24	10	6	5	2192.12.12.012	M12	12	7	18	12	10	2192.12.20.150	M20	150	52	30	20	17
2192.12.06.085	M6	85	24	10	6	5	2192.12.12.016	M12	16	11	18	12	10	2192.12.20.160	M20	160	52	30	20	17
2192.12.06.090	M6	90	24	10	6	5	2192.12.12.020	M12	20	15	18	12	10	2192.12.20.180	M20	180	52	30	20	17
2192.12.06.100	M6	100	24	10	6	5	2192.12.12.030	M12	30	25	18	12	10	2192.12.20.190	M20	190	52	30	20	17
2192.12.06.105	M6	105	24	10	6	5	2192.12.12.035	M12	35	30	18	12	10	2192.12.20.200	M20	200	52	30	20	17
2192.12.06.110	M6	110	24	10	6	5	2192.12.12.040	M12	40	35	18	12	10	2192.12.20.220	M20	220	52	30	20	17
2192.12.06.120	M6	120	24	10	6	5	2192.12.12.045	M12	45	40	18	12	10	2192.12.20.230	M20	230	52	30	20	17
2192.12.06.160	M6	160	24	10	6	5	2192.12.12.050	M12	50	45	18	12	10	2192.12.20.240	M20	240	52	30	20	17
2192.12.06.200	M6	200	24	10	6	5	2192.12.12.055	M12	55	36	18	12	10	2192.12.20.260	M20	260	52	30	20	17
2192.12.08.012	M8	12	8	13	8	6	2192.12.12.060	M12	60	36	18	12	10	2192.12.20.280	M20	280	52	30	20	17
2192.12.08.016	M8	16	12	13	8	6	2192.12.12.070	M12	70	36	18	12	10	2192.12.20.300	M20	300	52	30	20	17
2192.12.08.020	M8	20	16	13	8	6	2192.12.12.080	M12	80	36	18	12	10	2192.12.24.120	M24	120	60	36	24	19
2192.12.08.030	M8	30	26	13	8	6	2192.12.12.090	M12	90	36	18	12	10	2192.12.24.130	M24	130	60	36	24	19
2192.12.08.035	M8	35	31	13	8	6	2192.12.12.100	M12	100	36	18	12	10	2192.12.24.140	M24	140	60	36	24	19
2192.12.08.040	M8	40	28	13	8	6	2192.12.12.110	M12	110	36	18	12	10	2192.12.24.150	M24	150	60	36	24	19
2192.12.08.045	M8	45	28	13	8	6	2192.12.12.120	M12	120	36	18	12	10	2192.12.24.160	M24	160	60	36	24	19
2192.12.08.050	M8	50	28	13	8	6	2192.12.12.130	M12	130	36	18	12	10	2192.12.24.180	M24	180	60	36	24	19
2192.12.08.055	M8	55	28	13	8	6	2192.12.12.140	M12	140	36	18	12	10	2192.12.24.200	M24	200	60	36	24	19
2192.12.08.060	M8	60	28	13	8	6	2192.12.12.150	M12	150	36	18	12	10	2192.12.30.140	M30	140	72	45	30	22
2192.12.08.070	M8	70	28	13	8	6	2192.12.12.180	M12	180	36	18	12	10	2192.12.30.160	M30	160	72	45	30	22
2192.12.08.075	M8	75	28	13	8	6	2192.12.12.220	M12	220	36	18	12	10							
2192.12.08.080	M8	80	28	13	8	6	2192.12.16.012	M16	12	6	24	16	14							
2192.12.08.085	M8	85	28	13	8	6	2192.12.16.016	M16	16	10	24	16	14							
2192.12.08.090	M8	90	28	13	8	6	2192.12.16.020	M16	20	14	24	16	14							



Dowel pin according to DIN EN ISO 8734



~° " "



Material:

Steel  
Hardness 60 ± 2 HRC

Execution:

hardened and ground to finest finish

2351.1. Dowel pin according to DIN EN ISO 8734

d <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	r	l <sub>1</sub>	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120
1	0.4	1		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1.5	0.5	1.6		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	0.6	2		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2.5	0.7	2.5		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	0.8	3		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	1	4		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	1.2	5		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	1.5	6		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	1.8	8		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	2	10		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	2.5	12		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	2.5	16		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	3	16		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	4	20		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Ordering Code (example):

Dowel pin according to DIN EN ISO 8734	= 2351.1.
Diameter d <sub>1</sub>	1 mm = 0100.
Length l <sub>1</sub>	4 mm = 004
Order No	= 2351.1. 0100. 004